ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 9 MARS 1908.

PRÉSIDENCE DE M. H. BECQUEREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les carbonates neutres alcalins et alcalino-terreux.* Note de M. de Forcrand.

On connaît un assez grand nombre d'expériences relatives à la décomposition par la chaleur des carbonates neutres alcalins et alcalino-terreux; mais, jusqu'ici, il a été impossible de comparer les résultats de ces déterminations avec les données thermochimiques correspondantes, plusieurs nombres nécessaires pour les calculs n'étant pas connus. Je me suis proposé tout d'abord de combler ces quelques lacunes, puis de faire des comparaisons pour la série complète.

I. *Données thermochimiques.* — Les cycles sont les suivants :

$$M^2O \text{ sol. } (^1) + CO^2 \text{ gaz} = M^2CO^3 \text{ sol.} + x,$$
$$M^2CO^3 \text{ sol.} + Aq = A,$$
$$M^2O \text{ sol.} + Aq = B,$$
$$CO^2 \text{ gaz} + Aq = +5^{Cal},60,$$
$$\text{Neutralisation} = C.$$

La valeur de A est nulle pour Ca, Sr et Ba. Elle est connue pour Na^2 et K^2 : $+5^{Cal},62$ et $+6^{Cal},54$ (Berthelot). Je l'ai déterminée directement à $+15°$ pour Li^2 : $+3^{Cal},06$; pour Rb^2 : $+8^{Cal},75$, et pour Cs^2 : $+11^{Cal},84$.

La chaleur de dissolution des oxydes anhydres est mieux connue aujour-

---

(1) Ou MO pour les alcalino-terreux.

d'hui. M. Rengade vient de publier, pour les oxydes alcalins, les nombres :

Na^2O.	K^2O.	Rb^2O.	Cs^2O.
$+56^{Cal},5$	$+75^{Cal}$	$+80^{Cal}$	$+83^{Cal},2$

assez différents de ceux admis jusqu'ici :

$+63^{Cal},87$	$+67^{Cal},40$	$+69^{Cal},90$	$+72^{Cal},15$

Et je viens d'obtenir, pour Li^2O, SrO et BaO, des nombres qui, réunis à la chaleur de dissolution de la chaux, donnent :

CaO.	Li^2O.	SrO.	BaO.
$+18^{Cal},1$	$+31^{Cal},20$	$+30^{Cal},80$	$+35^{Cal},64$

Enfin, les valeurs de C sont connues depuis longtemps pour la soude et la potasse ($+20^{Cal},5$ et $+20^{Cal},2$); pour la chaux, la strontiane et la baryte : $+19^{Cal},6$, $+20^{Cal},9$ et $+22^{Cal},2$.

J'ai déterminé directement la chaleur de neutralisation de la rubidine et et de la cæsine par l'acide carbonique dissous : $+20^{Cal},57$ et $+20^{Cal},57$. Enfin je viens de trouver, directement aussi, et à $+15^o$, la chaleur de neutralisation de la lithine : $+20^{Cal},49$ (1).

Avec toutes ces données, on peut calculer les nombres qui forment la série complète suivante :

	Carbonate solide. (Cal)	
Na^2O sol. + CO^2 gaz	$+76,88$	
K^2O sol. + »	$+94,26$	
Rb^2O sol. + »	$+97,42$	
Cs^2O sol. + »	$+97,53$ (2)	
CaO sol. + »	$+43,30$	amorphe ou précipité
	$+42,00$	spath (3)
	$+42,60$	aragonite (3)
Li^2O sol. + »	$+54,23$	
SrO sol. + »	$+57,30$	orthorhombique
BaO sol. + »	$+63,44$	

(1) Résultat qui se confond avec le nombre $+20^{Cal},41$ obtenu indirectement à $+16^o$ par M. J.-A. Muller (*Ann. de Ch. et de Phys.*, 6e série, t. XV, p. 517).

(2) J'ai fait le calcul, pour les quatre premiers, en partant des données de M. Rengade pour la dissolution des oxydes anhydres. Si l'on prenait les nombres admis jusqu'ici, on aurait des résultats plus voisins : $+84^{Cal},22$, $+86^{Cal},66$, $+87^{Cal},32$ et $+86^{Cal},48$.

(3) *Comptes rendus*, t. CXVI, 1893, p. 390.

L'identité des deux nombres trouvés pour Rb^2O et Cs^2O n'a rien qui puisse surprendre.

On remarquera en outre, à ce point de vue encore, une étroite analogie entre Li^2O et SrO ([1]).

II. *Application à la dissociation.* — Les premiers nombres de ce Tableau ne paraissent pas très bien concorder avec les expériences de M. Lebeau ([2]), d'après lesquelles le carbonate de cæsium serait plus dissociable que celui de rubidium, et celui-ci plus dissociable que le carbonate de potassium. Il y aurait concordance seulement sur ce point que le carbonate de lithium est moins stable que les carbonates alcalins. Mais les courbes de dissociation obtenues avec les données de M. Lebeau sont tout à fait irrégulières; comme il l'indique lui-même, les phénomènes sont très compliqués pour les carbonates alcalins (fusion partielle ou complète de la masse, volatilité de l'oxyde, dissociation même de cet oxyde, d'après M. Rengade, volatilité différente du métal, attaque des vases, etc.) et ne peuvent guère se prêter à des comparaisons.

La stabilité des carbonates alcalino-terreux (y compris Li^2CO^3) peut se discuter un peu mieux.

D'après ma relation générale

$$\frac{Q}{T} = 30$$

on aurait, comme température de dissociation :

	°C.
$CaCO^3$ (aragonite)	+1160
Li^2CO^3	+1535
$SrCO^3$ (orthorhombique)	+1637
$BaCO^3$	+1842

avec cette réserve toutefois que le carbonate de lithium fond vers +700° C., celui du baryum vers +800° C., celui du calcium vers +1040° C., ce qui ne permet pas d'appliquer rigoureusement la relation pour des températures aussi élevées.

([1]) On pourrait joindre à ces nombres les suivants, déjà connus, dans l'ordre de stabilité décroissante : MgO, $+28^{Cal},9$; MnO, $+23^{Cal},5$ à $+27^{Cal},6$; FeO, $+24^{Cal},5$; PbO, $+21^{Cal},6$; CdO, $+19^{Cal},3$; Ag^2O, $+15^{Cal},7$ à $+19^{Cal},2$; ZnO, $+15^{Cal},1$; CuO, $+10^{Cal},8$; la série se terminant par des carbonates qui ne sont même plus stables à la température ordinaire.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1256, et t. CXXXVII, 1903, p. 1255.

Il paraît cependant étrange que le carbonate de lithium, qui devrait *bouillir* à +1535°, cède la totalité de son gaz carbonique à +800°, dans un courant d'hydrogène il est vrai.

Pour le carbonate de chaux, la température de dissociation nous est connue aujourd'hui par les expériences récentes de M. D. Zavrieff (¹), qu'il faut espérer définitives cette fois. Elle est de +910° C.

Pour les deux autres, nous n'avons que les données approximatives de MM. Herzfeld et Stiepel : +1250° pour $SrCO^3$ et +1450° environ pour $BaCO^3$.

Ces trois nombres sont notablement inférieurs à ceux du Tableau précédent, de 250° à 400°.

Il semble donc, d'une manière générale, que la température de dissociation effective de ces quatre carbonates est toujours plus basse que celle qui résulte de nos données thermochimiques, et que l'écart augmente, en suivant l'ordre de notre Tableau, de Ca à Ba, à mesure que la stabilité devient plus grande.

L'explication me paraît être la suivante :

Les nombres obtenus par M. Zavrieff donnent une courbe de dissociation parfaitement régulière; et, lorsqu'on calcule, par la formule de Clapeyron, la chaleur de formation du carbonate de chaux, de 800° à 900° environ, par exemple, en prenant les points d'expérience de deux en deux, on trouve une série de valeurs assez concordantes, dont la moyenne est $+34^{Cal},76$.

Il en résulte que, très certainement, à ces températures élevées, la chaleur de formation du carbonate de chaux n'est pas, comme à la température ordinaire, de $+42^{Cal}$ à $+43^{Cal}$, mais seulement de $+34^{Cal},76$, soit une diminution de 18,5 pour 100 environ.

En admettant que le même phénomène se produit pour les trois autres et que l'écart est proportionnel (²), on peut dresser le Tableau suivant, qui donne les chaleurs de formation à haute température, et les températures

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 428.

(²) Il n'est guère possible de soumettre à un calcul analogue les données de M. Lebeau pour Li^2CO^3. Les chaleurs de formation calculées d'après ces nombres, avec la formule de Clapeyron, varient de $+12^{Cal}$ à $+172^{Cal}$. Cependant, en s'en tenant aux déterminations faites au-dessous du point de fusion (+700° environ), on trouve des valeurs voisines de $+45^{Cal}$, ce qu'on pourrait considérer comme une bonne vérification si la valeur absolue des tensions n'était pas aussi faible à ces températures relativement basses.

d'ébullition des quatre carbonates :

	Cal	°C.
$CaCO^3$	+34,76	+ 886
Li^2CO^3	+44,20	+1200
$SrCO^3$	+46,70	+1284
$BaCO^3$	+51,70	+1450

et les nombres de la dernière colonne concordent, autant qu'on pouvait l'espérer, avec les données de l'expérience directe, puisque celle-ci fournit : +910° pour $CaCO^3$, +1250° pour $SrCO^3$, et +1450° pour $BaCO^3$. En ce qui concerne Li^2CO^3, il devient moins difficile d'admettre qu'un composé bouillant à +1200° peut perdre la totalité de son gaz carbonique au bout de plusieurs heures, à +800°, dans un courant d'hydrogène.

GÉOLOGIE. — *Sur les minerais de fer ordoviciens de la Basse-Normandie et du Maine.* Note de M. **Œhlert.**

Les gisements de fer de la Basse-Normandie, exploités aux XVIIe et XVIIIe siècles, furent abandonnés pendant la première moitié du XIXe, puis repris vers 1875, avec une activité de plus en plus grande.

Dans un Rapport, daté de 1798 (*Journal des Mines*), le citoyen Duhamel, Inspecteur des Mines, indiqua déjà, d'une façon précise, la place de ces dépôts d'hématite, formant, dit-il, près de Domfront, une couche de 16^{dm} à 25^{dm} d'épaisseur, inclinée au Nord et intercalée dans des schistes compris entre des grès quartzeux au Sud (grès armoricain) et, au Nord, des grès se rapprochant davantage des grès houillers (grès gothlandien). L'attribution de ce minerai à l'assise des schistes à *Calymene Tristani* a d'ailleurs été établie d'une façon précise par Dalimier et par MM. de Lapparent, Lecornu et Bigot. C'est en effet vers la base de ces schistes que se trouve interstratifiée l'unique couche ferrugineuse reconnue ou exploitée dans les vingt concessions actuellement existantes dans les différents bassins siluriens de Normandie. En surface, le minerai, altéré, est à l'état d'oxyde; en profondeur, il est carbonaté. Sa structure est presque toujours oolithique et M. Cayeux pense que les oolithes, primitivement calcaires, ont dû, par métamorphisme, passer à l'état de fer carbonaté. Ces couches de minerai renferment des fossiles, et un échantillon, provenant de fouilles faites au nord de la forêt de Monnaye, nous a montré l'existence de nombreuses tiges d'encrines transformées en hématite, traversant un bloc de minerai oolithique.

Le synclinal le plus méridional de la Basse-Normandie, dirigé ONO-ESE, va de Mortain (par Domfront) à Bagnoles; à cette dernière localité aboutit également un pli analogue, venant du NO. Au delà, vers l'Est, un synclinal unique se prolonge, jalonné par les forêts de La Ferté, Magny, La Motte, Monnaye. Ayant eu l'occasion de suivre des recherches faites dans cette dernière région, qui n'avait pas encore été explorée au point de vue des gisements de fer, j'ai pu constater qu'entre le grès armoricain et le grès de May il existait, non pas seulement un niveau de minerai, mais cinq, ayant des épaisseurs variant entre $1^m,50$ et $2^m,80$, et donnant un total de 10^m à 12^m de puissance. Une coupe dirigée SN, partant du village de Saint-Ursin, situé à l'extrémité orientale de la forêt de La Motte, pour gagner Orgères, nous a fourni la preuve de l'existence de ces cinq couches. La première correspond à celle qui est exploitée à Larchamp, Halouze, La Ferrière-aux-Étangs, ainsi que dans tous les autres synclinaux siluriens normands; elle est séparée du grès armoricain par une épaisseur normale de 65^m de schistes; dans des schistes analogues, qui surmontent ce premier niveau, on trouve d'abord un groupe de deux autres couches de minerai, puis une assise gréseuse de 15^m à 20^m de puissance, et enfin deux nouvelles couches comprises dans des schistes qui, par leur faune, font encore partie de l'ensemble des schistes à *Calymene Tristani*; au delà commence le grès de May. Des travaux de recherches ont permis de constater l'existence de ces différents niveaux sur une longueur de 14^{km}. Aux deux extrémités du synclinal de Bagnoles-Monnaye, ces couches s'amincissent; de plus, le long de leur parcours, leur allure, en général si régulière, est altérée par des accidents correspondant aux vallées transversales des ruisseaux de la Ferté, de la Gourbe, de Cadin et du Tilleul, lesquels, profitant de failles avec rejets, et à direction sensiblement normale aux couches, se sont frayé, par déblayage, un passage au travers des bandes gréseuses; ces cassures transversales sont venues ainsi modifier l'hydrographie de cette région, dont les cours d'eau suivaient primitivement la direction des bandes schisteuses, endiguées entre le grès armoricain et le grès de May et ayant laissé des alluvions, témoins de leur première direction.

C'est à l'Ordovicien moyen qu'on doit rattacher tout cet ensemble de schistes au milieu desquels s'intercalent plusieurs couches de minerai de fer et une assise gréseuse; cette dernière représenterait les grès inférieurs de May (grès à *Homalonotus Vicaryi, serratus, Brongniarti*, etc.), les schistes qui les surmontent étant l'équivalent des schistes à *Trinucleus Bureaui*,

espèce qui est encore accompagnée de la faune à *C. Tristani*, peu modifiée dans son ensemble. Au-dessus apparaît l'Ordovicien supérieur, dont l'assise inférieure (= grès à Conulaires), très développée dans cette région, constitue une crête gréseuse, parallèle à celle du grès armoricain, et presque aussi saillante; elle suit la limite septentrionale des forêts de La Motte et de Magny, et, plus à l'Est, on la retrouve à l'Ermitage, à Cadin, à la Vannerie, etc. Ces subdivisions dans l'Ordovicien moyen existent d'ailleurs au nord de Domfront. Quant aux cinq couches de minerai de fer que nous avons reconnues à l'est de Bagnoles, elles ont été récemment rencontrées, tout au moins en partie, dans le synclinal de Domfront-Bagnoles. Rappelons également que M. Lecornu, en 1892, découvrit dans le synclinal de May-Feuguerolles, au sud de Caen, une couche de minerai indépendante de celle qui avoisine le grès armoricain, et intercalée dans les couches de la base du grès de May. Enfin, nous connaissons, dans la petite cuvette synclinale de Saint-Léonard-des-Bois, au sud-ouest d'Alençon, au-dessus du grès armoricain, l'existence de plusieurs couches de minerai de fer superposées. De même aussi, sur le flanc nord du bassin de Laval, dans les bois de Moncor, le long de la ligne sinueuse que dessinent les schistes ordoviciens ferrifères, entre Saint-Denis-d'Orques et Saint-Léger.

De ces faits, qui ne sont sans doute pas des cas isolés, il résulte qu'il y aurait lieu de chercher dans les autres synclinaux normands quelques-unes des couches dont nous avons constaté l'existence et dont nous avons indiqué la place stratigraphique.

M. O. **Lannelongue** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Influences modificatrices de l'évolution tuberculeuse; Recherches expérimentales*, qu'il a publié en collaboration avec MM. Achard et Gaillard.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission chargée de lui présenter un Rapport sur le mode d'emploi des annuités offertes par le prince Roland Bonaparte.

Cette Commission, qui comprend comme membres de droit le Président en exercice et le prince Roland Bonaparte, doit être composée en outre de trois Membres de la division des Sciences mathématiques, trois Membres de la division des Sciences physiques et un Académicien libre.

MM. **Darboux**, **Deslandres**, **Bouquet de la Grye**, pour les Sciences mathématiques, **A. de Lapparent**, **Le Chatelier**, **Gautier**, pour les Sciences physiques, **Cailletet**, pour la Section des Académiciens libres, réunissent la majorité des suffrages.

En conséquence, la Commission est définitivement constituée.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Toute la Chimie minérale par l'Électricité*, par M. Jules Séverin.

2° Sven Hedin, *Scientific results of a journey in central Asia*, 1899-1902.

ASTRONOMIE. — *Recherches nouvelles sur les étoiles variables.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Poincaré.

L'étude photométrique des étoiles variables dites *à variation continue* n'a été réalisée jusqu'ici qu'en ce qui concerne leur lumière globale, les appareils en usage ne se prêtant pas à autre chose.

Le photomètre stellaire hétérochrome que j'ai décrit récemment (voir ce Volume, p. 267) m'a permis d'aborder séparément l'étude des courbes de lumière de ces étoiles, relatives aux diverses régions de leurs spectres. Je rappelle que cet appareil consiste, en principe, en une étoile artificielle d'éclat modifiable et mesurable à volonté, juxtaposée à l'étoile observée, et en une série d'écrans colorés particuliers, qui ne laissent passer simultanément des deux astres que les rayons compris entre des longueurs d'onde déterminées.

La méthode a été appliquée jusqu'ici plus particulièrement aux étoiles β Lyre et δ Céphée qui représentent les deux types extrêmes entre lesquels s'étagent toutes les formes de courbes des étoiles à variation continue.

On a été conduit ainsi à divers résultats nouveaux qui peuvent se résumer ainsi :

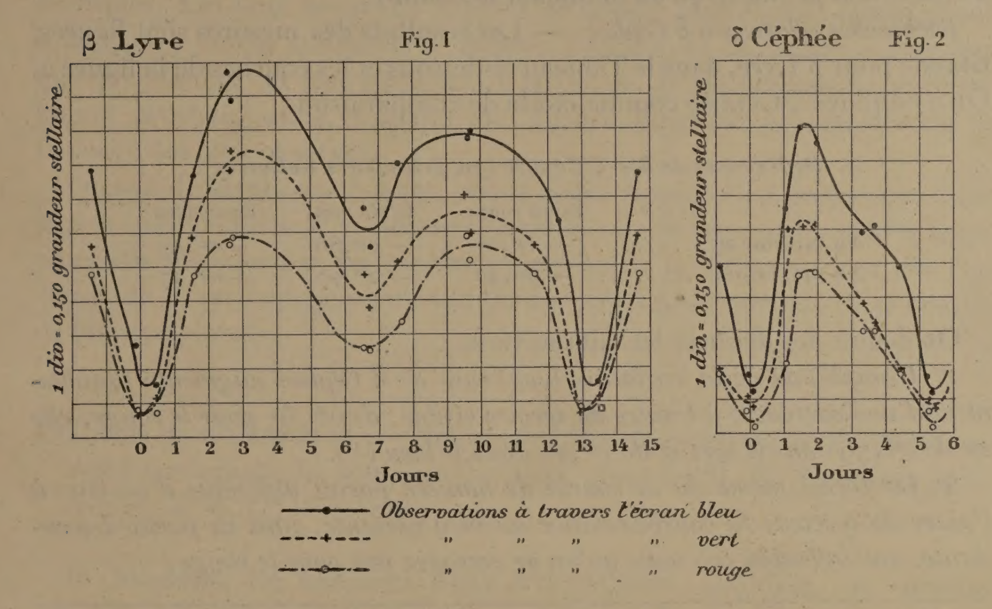
Recherches relatives à β Lyre. — On a employé comme étoile de comparaison suivant la méthode indiquée (voir ce Volume, p. 267) l'étoile fixe voisine γ Lyre. Les résultats, en ce qui concerne les points tropiques de la

variable, sont résumés dans le Tableau suivant :

Différences β — γ Lyre [exprimées en grandeurs stellaires (¹)].

	Écran rouge.	Écran vert.	Écran bleu.
	gr	gr	gr
Au minimum principal.....	— 0,70	— 0,97	— 1,36
Au 1er maximum..........	+ 0,04	+ 0,03	+ 0,02
Au minimum secondaire...	— 0,45	— 0,61	— 0,68
Au 2e maximum..........	0,00	— 0,11	— 0,26

Les trois courbes de lumière déduites des mesures sont représentées dans la figure 1, où le résultat de chaque soirée d'observations est représenté par



un point pour chacune des trois portions considérées du spectre. On a ajouté des constantes aux ordonnées des courbes de manière à juxtaposer celles-ci.

De ces courbes et des mesures détaillées se dégagent les faits nouveaux suivants :

1° *L'amplitude de la variation lumineuse de β Lyre (différence entre le*

(¹) Rappelons que la différence de grandeur stellaire dg, entre deux étoiles d'éclats E et E′, est exprimée par la formule de Pogson

$$dg = 2,5 \log \frac{E'}{E}.$$

maximum et le minimum principaux) est très différente selon qu'on considère telle ou telle région du spectre; égale à 0gr,66 *pour le rouge, à* 0gr,94 *pour le vert, elle devient égale à* 1gr,34 *pour le bleu, c'est-à-dire deux fois plus grande que pour le rouge.*

2° *La courbe relative au bleu présente une dissymétrie notable des deux maxima, le premier étant d'environ* 0gr,3 *plus brillant que le deuxième; cette dissymétrie s'atténue dans la région verte et, pour le rouge, les deux maxima paraissent égaux.*

3°. β *Lyre émet relativement une plus grande proportion de rayons rouges au minimum principal qu'au minimum secondaire.*

Recherches relatives à δ Céphée. — Les résultats des mesures sont figurés, comme pour β Lyre, dans le Tableau ci-dessous et les courbes de la figure 2. On a employé ζ Céphée comme étoile de comparaison.

Différences de δ — ζ Céphée (en grandeurs stellaires).

	Écran rouge.	Écran vert.	Écran bleu.
Au minimum..........	— 1gr,07	— 0gr,86	— 0gr,99
Au maximum..........	— 0gr,40	— 0gr,07	+ 0gr,17

On déduit des mesures les faits suivants :

1° *L'amplitude de la variation lumineuse de δ Céphée augmente notablement d'une extrémité à l'autre du spectre visible; de* 0gr,67 *pour le rouge, elle est de* 0gr,79 *dans le vert et de* 1gr,16 *dans le bleu* (1).

2° *La forme même de la courbe de lumière paraît différente d'un bout à l'autre du spectre; la courbe relative au bleu présente, dans sa partie descendante, une inflexion très nette qu'on ne retrouve pas pour le rouge.*

---

(1) Il convient de rappeler, à propos de δ Céphée, que M. Carl Wirtz a constaté que l'amplitude de sa variation déduite de mesures photographiques est de 1gr,2. D'autre part, l'amplitude de la courbe visuelle étant d'après Argelander et Schönfeld d'environ 0gr,5, il semblait s'ensuivre que l'amplitude pour les rayons photographiques était plus grande que pour les rayons visuels. Mais d'autre part Chandler et avec lui M. André et l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* assignent à ces derniers une amplitude de variation de 1gr,2, c'est-à-dire précisément égale à l'amplitude photographique de Wirtz. Il convient d'ailleurs de remarquer que tous ces auteurs ont employé pour leurs observations la méthode d'estimation *des degrés* qui n'est pas à proprement parler une méthode photométrique, d'où sans doute leurs divergences. Il importait, pour élucider la question, d'étudier photométriquement, avec le même appareil et par des mesures alternées faites simultanément dans diverses régions du spectre, la variation de δ Céphée. C'est précisément ce que j'ai fait.

3° *Pour δ Céphée, comme d'ailleurs pour β Lyre, les époques des maxima et minima concordent avec l'éphéméride de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes, *et cela pour les trois régions du spectre, dans les limites de la précision avec laquelle on peut déterminer ces époques, c'est-à-dire que, si ces courbes présentent un décalage, il est inférieur à 3 ou 4 heures.*

En résumé : *L'amplitude et la forme de la variation lumineuse de β Lyre et δ Céphée diffèrent notablement suivant qu'on considère telle ou telle région de leur spectre visible.*

β Lyre et δ Céphée sont considérées comme des systèmes binaires ou multiples. Les faits nouveaux exposés ci-dessus conduisent, relativement à la nature de ces systèmes, à diverses conclusions de nature à apporter quelque lumière sur leur constitution physique. Je me propose de les développer prochainement, voulant me borner aujourd'hui uniquement à l'énoncé des faits observés.

On sait d'ailleurs que β Lyre, notamment, a fait l'objet de travaux théoriques considérables. Il y aura lieu, semble-t-il, de reprendre, sur les bases nouvelles fournies par les résultats précédents, la détermination des éléments de ce système qu'on n'avait pu déduire auparavant que de sa courbe de lumière globale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une surface hyperelliptique du quatrième degré sur laquelle* 30 *droites sont tracées.* Note de M. E. TRAYNARD, présentée par M. G. Humbert.

Je considère les fonctions thêta d'ordre huit, impaires, de caractéristique nulle, relatives au Tableau de périodes [1]

$$T_4 \left\{ \begin{array}{cccc} \dfrac{2i\pi}{4}, & 0, & a, & b, \\ 0, & 2i\pi, & b, & c. \end{array} \right.$$

Elles sont au nombre de 6 et s'annulent pour les 16 demi-périodes; si on leur donne l'une de celles-ci comme zéro triple, on obtient 4 fonctions linéairement distinctes. La surface obtenue en les prenant comme coordon-

(1) Voir ma Note : *Comptes rendus,* t. CXXXVIII, p. 339, et ma Thèse : *Annales de l'École Normale,* 1907.

nées homogènes d'un point est du quatrième degré; elle admet comme courbes unicursales singulières 15 droites et une cubique gauche; à certaines fonctions d'ordre quatre convenablement choisies correspondent 15 autres droites.

Ces 30 droites forment la configuration suivante : les 15 premières se partagent en un groupe de 3 que j'appelle les *droites* α et un groupe de 12 que j'appelle les *droites* β; les 15 autres se partagent de même en 3 droites α' et 12 droites β'. Chaque droite α rencontre les 3 droites α' et 8 droites β'; chaque droite β rencontre 2 droites α' et 6 droites β'. La relation est réciproque.

Les droites β et β' forment 16 groupes de 6 droites situées sur 16 quadriques qui coupent en outre la surface suivant la même conique. Leurs 72 points d'intersection se trouvent 6 par 6 sur 48 coniques; ils forment 36 paires, par chaque paire passent 4 coniques. J'ai démontré que cette configuration dépend de huit paramètres.

L'ensemble des 30 droites forme 18 groupes de 8 droites situées sur autant de quadriques. J'ai démontré que cette configuration dépend de quatre paramètres. En exprimant que les droites ainsi déterminées sont sur une surface du quatrième degré, on obtient une relation entre les paramètres, et en même temps l'équation suivante pour la surface :

$$\begin{aligned}
&(A-B)(1-C)\,x^2(xy+zt-2yz-2yt)\\
&+(A-C)(1-B)\,y^2(xy+zt-2xz-2xt)\\
&+(A-B)(A-C)\,z^2(xy+zt-2xt-2yt)\\
&+A(1-B)(1-C)\,t^2(xy+zt-2xz-2yz)\\
&+2(A-B-C+BC)(x^2y^2+Az^2t^2)+4(A-AB-AC+BC)\,xyzt=0.
\end{aligned}$$

Par suite : *La surface du quatrième degré sur laquelle sont tracées 30 droites formant la configuration expliquée ci-dessus est hyperelliptique.*

ÉLASTICITÉ. — *Sur les problèmes d'élasticité à deux dimensions.* Note de M. G. **Kolossoff**, présentée par M. Appell.

Soient N_1 et N_2 les efforts normaux sur les éléments perpendiculaires à deux axes rectangulaires Ox, Oy, et T les efforts tangentiels. D'après le théorème de M. Maurice Levy (*Comptes rendus*, t. CXXVI, n° 18) pour l'équilibre d'élasticité dans les problèmes à deux dimensions, on a à satisfaire

aux trois équations [1]

$$(1)\qquad \frac{\partial N_1}{\partial x}+\frac{\partial T}{\partial y}=0,\qquad \frac{\partial N_2}{\partial y}+\frac{\partial T}{\partial x}=0,\qquad \Delta_2(N_1+N_2)=0$$

et, en outre, aux conditions à la frontière.

Les équations (1) peuvent être écrites

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial 2T}{\partial y}+\dfrac{\partial(N_1-N_2)}{\partial x}=-\dfrac{\partial(N_1+N_2)}{\partial x} \\ \dfrac{\partial 2T}{\partial x}-\dfrac{\partial(N_1-N_2)}{\partial y}=-\dfrac{\partial(N_1+N_2)}{\partial y} \end{cases}\qquad [\Delta_2(N_1+N_2)=0].$$

Pour satisfaire à (2) il faut et il suffit

$$(3)\qquad \begin{cases} 2T=\alpha\dfrac{\partial(N_1+N_2)}{\partial y}-\beta\dfrac{\partial(N_1+N_2)}{\partial x}+\varphi, \\ N_1-N_2=\beta\dfrac{\partial(N_1+N_2)}{\partial y}+\alpha\dfrac{\partial(N_1+N_2)}{\partial x}+\psi, \end{cases}$$

où α et β satisfont aux équations auxiliaires

$$(4)\qquad \frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}=-1,\qquad \frac{\partial\alpha}{\partial y}+\frac{\partial\beta}{\partial x}=0,$$

et $\varphi+\psi i=F(z)$ est une fonction de la variable complexe $x+yi$ [2], qui est tout à fait arbitraire.

Pour α et β on n'a besoin que d'une solution particulière de (4); prenons, par exemple,

$$(5)\qquad \alpha=-x,\qquad \beta=0$$

ou

$$(6)\qquad \alpha=0,\qquad \beta=y.$$

En prenant pour N_1+N_2 une fonction harmonique et pour F une fonc-

---

(1) Nous supposons l'absence des forces extérieures; les cas où ces forces dérivent d'une fonction de force peuvent être traités d'une manière analogue.

(2) φ et ψ sont des fonctions conjuguées et

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x}=\frac{\partial\psi}{\partial y},\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=-\frac{\partial\psi}{\partial x}.$$

tion de variable complexe quelconque, nous trouverons, au moyen de (3), une infinité de solutions des équations (1).

Exemples :

1° Posons

$$N_1 + N_2 = \sum (A_m e^{my} + A_{-m} e^{-my}) \cos mx,$$

$$\varphi = \sum (B_m e^{my} + B_{-m} e^{-my}) \sin mx,$$

$$\psi = \sum (B_m e^{my} - B_{-m} e^{-my}) \cos mx$$

et prenons pour α et β les valeurs de (5), nous trouverons la solution de M. Ribière [(*Comptes rendus,* t. CXXVI, n° 5 [1])].

2° Posons

$$N_1 + N_2 = A_m \Phi_m + A_{1m} \Phi_{1m},$$
$$\varphi = B_m \Phi_m + B_{1m} \Phi_{1m},$$
$$\psi = B_m \Phi_{1m} - B_{1m} \Phi_m$$

où Φ_m et Φ_{1m} sont deux polynomes harmoniques de degré m tels que

$$\Phi_m + i\Phi_{1m} = (x + iy)^m,$$

nous trouverons la solution de M. Mesnager [(*Comptes rendus,* t. CXXXII, n° 24 [2])].

La théorie s'étend aux coordonnées curvilignes. Soient r et θ les coordonnées polaires; en introduisant les nouvelles variables $\log r = \xi$ et θ, nous pouvons écrire les équations d'équilibre sous la forme [3]

$$(7) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial \xi}(2Tr^2) - \dfrac{\partial}{\partial \theta}(R - \Phi) r^2 = -r^2 \dfrac{\partial (R + \Phi)}{\partial \theta} \\[2ex] \dfrac{\partial}{\partial \theta}(2Tr^2) + \dfrac{\partial}{\partial \xi}(R - \Phi) r^2 = -r^2 \dfrac{\partial (R + \Phi)}{\partial \xi} \end{cases} \qquad [\Delta_2 (R + \Phi) = 0].$$

---

(1) $A_m = 4ma_2, \quad A_{-m} = -4mb_2,$
$B_m = 2(a_2 - 2a_1)m, \quad B_{-m} = 2(b_2 - 2b_1)m.$

(2) $A_m = a + a'', \quad A_{1m} = a' + a''',$
$B_m = m(a' + a''') - 2a'', \quad B_{1m} = (1 - m)a'' - (1 + m)a.$

(3) Nous acceptons les notations de M. Ribière (*Comptes rendus,* t. CVIII, n° 11, et t. CXXXII, n° 6) et de M. Belzecki (*Comptes rendus,* t. CXL, n° 15).

Pour satisfaire à (7), il faut et il suffit de poser

$$2\,\mathrm{T}r^2 = \alpha\frac{\partial(\mathrm{R}+\Phi)}{\partial\theta} - \beta\frac{\partial(\mathrm{R}+\Phi)}{\partial\xi} + \varphi,$$

$$(\mathrm{R}-\Phi)r^2 = \beta\frac{\partial(\mathrm{R}+\Phi)}{\partial\theta} + \alpha\frac{\partial(\mathrm{R}+\Phi)}{\partial\xi} + \psi,$$

où

$$\frac{\partial\alpha}{\partial\xi} - \frac{\partial\beta}{\partial\theta} = -r^2 = -e^{2\xi}, \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial\theta} + \frac{\partial\beta}{\partial\xi} = 0,$$

$$\varphi + i\psi = \mathrm{F}(\zeta), \qquad z = \xi + \theta i.$$

Nous pouvons prendre

$$\alpha = -\frac{1}{2}e^{2\xi} = -\frac{r^2}{2}, \qquad \beta = 0.$$

Exemples. — Posons

$$\mathrm{N}_1 + \mathrm{N}_2 = \sum(\mathrm{A}_m r^m + \mathrm{A}_{-m} r^{-m})\cos m\theta, \qquad \varphi = \sum(\mathrm{B}_m r^m + \mathrm{B}_{-m} r^{-m})\sin m\theta,$$

$$\psi = \sum(-\mathrm{B}_m r^m + \mathrm{B}_{-m} r^{-m})\cos m\theta;$$

nous trouverons la solution de M. Ribière (*loc. cit.*) et, en ajoutant à $\mathrm{N}_1 + \mathrm{N}_2$ les membres $\mathrm{C}_1 \log r + \mathrm{C}_2$, la solution de M. Belzecki (*loc. cit.*).

Nous donnerons un grand nombre d'autres exemples dans un Mémoire russe qui paraîtra vers la fin de 1908, et nous nous bornons ici aux remarques suivantes à propos de la méthode exposée :

1° Elle donne lieu à l'emploi de la représentation conforme analogue à la méthode Helmholtz-Kirchhoff pour la détermination de la forme d'un jet fluide libre. En introduisant la fonction de la variable complexe $\varphi(z)$, dont la partie réelle est $\mathrm{N}_1 + \mathrm{N}_2$, nous déduirons des équations (3)

$$2\,\mathrm{T} + i(\mathrm{N}_1 - \mathrm{N}_2) = (\alpha + i\beta)\frac{d\varphi(z)}{dz} + \mathrm{F}(z).$$

2° Elle donne lieu à plusieurs transformations des solutions analogues à l'*inversion* de M. Michell [1].

[1] *Proceedings of the London mathematical Society*; t. XXXIV.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Cas de réduction des équations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique.* Note de M. CARL STÖRMER.

Dans une Note précédente (p. 462) nous avons donné les équations différentielles de la trajectoire en coordonnées curvilignes quelconques q_1, q_2, q_3 et indiqué des cas de réduction.

Supposons maintenant que les surfaces $q_1 = \text{const.}$, $q_2 = \text{const.}$, $q_3 = \text{const.}$ forment un système triple orthogonal, et soit

$$dS^2 = A^2\,dq_1^2 + B^2\,dq_2^2 + C^2\,dq_3^2$$

le carré de l'élément linéaire de l'espace; on a donc dans ce cas

$$m_{11} = A^2, \qquad m_{22} = B^2, \qquad m_{33} = C^2, \qquad m_{ik} = 0 \qquad (i \lessgtr k),$$

d'où

$$\Delta = A^2B^2C^2, \qquad M_{11} = \frac{1}{A^2}, \qquad M_{22} = \frac{1}{B^2}, \qquad M_{33} = \frac{1}{C^2}, \qquad M_{ik} = 0 \qquad (i \lessgtr k).$$

Les équations de la trajectoire se réduisent donc à

$$(1')\qquad \left\{\begin{aligned} \lambda\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial T}{\partial q'_1}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_1}\right] &= \frac{AB}{C}\,\frac{\partial V}{\partial q_3}\,q'_2 - \frac{CA}{B}\,\frac{\partial V}{\partial q_2}\,q'_3,\\ \lambda\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial T}{\partial q'_2}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_2}\right] &= \frac{BC}{A}\,\frac{\partial V}{\partial q_1}\,q'_3 - \frac{AB}{C}\,\frac{\partial V}{\partial q_3}\,q'_1,\\ \lambda\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial T}{\partial q'_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_3}\right] &= \frac{CA}{B}\,\frac{\partial V}{\partial q_2}\,q'_1 - \frac{BC}{A}\,\frac{\partial V}{\partial q_1}\,q'_2, \end{aligned}\right.$$

où $\lambda = \pm H_0\rho_0$ et où

$$2T = A^2 q_1'^2 + B^2 q_2'^2 + C^2 q_3'^2.$$

Supposons en particulier que A, B, C *et le potentiel* V *sont fonctions de* q_2 *et* q_3 *seuls;* alors la condition (IV) de la Note précédente sera satisfaite et l'équation (III) donnera

$$A q'_1 = \frac{\Phi + C}{\lambda A};$$

comme l'arc s est la variable indépendante, on a

$$A^2 q_1'^2 + B^2 q_2'^2 + C^2 q_3'^2 = 1.$$

En substituant ici la valeur de Aq'_1 et en posant pour abréger

$$B^2 q_2'^2 + C^2 q_3'^2 = 2T_1, \qquad 1 - \left(\frac{\Phi + C}{\lambda A}\right)^2 = 2U,$$

cette équation et les deux dernières équations (I′) peuvent être écrites de la manière suivante :

$$\text{(V)} \qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{d}{ds}\left(\dfrac{\partial T_1}{\partial q'_2}\right) - \dfrac{\partial T_1}{\partial q_2} = \dfrac{\partial U}{\partial q_2}, \\ \dfrac{d}{ds}\left(\dfrac{\partial T_1}{\partial q'_3}\right) - \dfrac{\partial T}{\partial q_3} = \dfrac{\partial U}{\partial q_3}, \\ \qquad\qquad T_1 = U, \end{array}\right.$$

système qui admet une interprétation mécanique très simple; en effet, ce sont les équations de mouvement d'un point matériel de masse 1, se mouvant dans un plan sous l'action d'une force dérivant de la fonction de force U, s étant alors supposé représenter le temps. On peut donc appliquer à ce système une série de résultats connus, ce qui donne des résultats correspondants pour les trajectoires dans l'espace; en particulier, comme 2U est $\geqq 0$ et $\leqq 1$, on aura

$$\text{(VI)} \qquad -1 \leqq \frac{\Phi + C}{\lambda A} \leqq 1,$$

ce qui définit, pour chaque valeur de la constante C, les parties de l'espace en dehors desquelles les trajectoires ne peuvent sortir. Dans mon Mémoire complet, j'ai fait voir quels renseignements utiles on peut tirer de l'étude de ces espaces dans le cas où le champ magnétique est dû à un aimant élémentaire.

Comme cas particuliers des équations (I) on a le cas où q_1, q_2 et q_3 sont des coordonnées cartésiennes ordinaires et le cas où ils sont des coordonnées polaires dans l'espace.

RAYONNEMENT ÉLECTRIQUE. — *Accroissements de sensibilité des révélateurs électrolytiques sous diverses influences.* Note de M. **Édouard Branly.**

J'ai insisté en 1891 sur des analogies entre la conductibilité intermittente des radioconducteurs et les phénomènes électrolytiques et magnétiques; la forme des révélateurs électrolytiques permet aussi de les assimiler à des radioconducteurs : d'une part, par la couche gazeuse extrêmement mince

qui sépare l'électrode du liquide; d'autre part, par la pointe très fine qui est exigée pour une sensibilité suffisante.

Ces aperçus m'ont conduit à rechercher sur un électrolytique l'action de circonstances qui influent sur le fonctionnement d'un radioconducteur. Le peu de précision des comparaisons téléphoniques ne m'a pas permis d'aller bien loin encore dans mon étude; toutefois, la récente Communication de M. Abraham [1] m'engage à faire connaître quelques-uns de mes premiers résultats.

Ces résultats se rapportent à des accroissements de sensibilité d'un électrolytique par trois causes : élévation de température, agitation par translation mécanique, dégagement gazeux dans l'électrolyte.

Les expériences ont été faites dans mon laboratoire. Le transmetteur et le récepteur étaient distants de 30^{m} environ en ligne droite; ils étaient installés dans deux salles séparées par quatre murs. L'étincelle de transmission, émise entre les deux boules d'un excitateur, avait une longueur de 2^{mm}, elle était fournie par une petite bobine d'induction à rupteur animée par 4 volts; l'étincelle était renforcée par la liaison de l'une des boules de l'excitateur à une plaque de zinc de 1^{m^2} de surface et par la réunion de l'autre boule à une antenne verticale de $2^{m},50$.

Le circuit récepteur comprenait un élément de pile, un électrolytique et un téléphone; une antenne de hauteur variable était annexée à ce circuit. La longueur de l'antenne réceptrice était raccourcie à volonté (de $2^{m},50$ à 0) de façon à réduire s'il y avait lieu le son téléphonique avant l'accroissement, ce qui permettait d'apprécier plus aisément cet accroissement.

Par le jeu d'une roue interruptrice mise en mouvement par un moteur et entaillée sur son pourtour de dents larges ou étroites et convenablement espacées, les étincelles se succédaient au poste de transmission de manière à composer, suivant l'alphabet Morse, automatiquement et dans des conditions invariables, une phrase qui se répétait à chaque tour.

Diverses précautions étaient prises pour éviter des illusions auditives qui auraient pu être entraînées par l'attente d'un résultat prévu.

Élévation de température. — Les premiers essais remontent au mois de mai 1907; ils ont été faits avec des électrolytiques à électrode positive de $\frac{1}{100}$ de millimètre de diamètre, construits par M. Gendron; ils présentent une tubulure pour chacune des électrodes et une troisième tubulure centrale ouverte. Ils étaient traversés par le courant d'un accumulateur. On les chauffait dans un bain d'eau jusqu'à 80°. A 30°, le

---

(1) *Comptes rendus*, séance du 24 février 1908.

son téléphonique manifestait une augmentation déjà très appréciable; l'intensité continuait à croître, elle paraissait maximum vers 60° et décroissait légèrement jusqu'à 80°. Après plusieurs chauffages, les électrolytiques avaient perdu une grande partie de leur sensibilité. Repris après 6 mois, ils ont été trouvés de nouveau très sensibles.

En août et en octobre 1907, des accroissements de sensibilité par élévation de température ont été constatés de même, très nettement et constamment, avec des électrolytiques du modèle de M. le Capitaine Ferrié, à pointe positive de $\frac{1}{100}$ de millimètre, fournis par divers constructeurs. Dans tous ces essais, l'intensité du son téléphonique augmentait dans une proportion qui était reconnue importante par l'observateur le moins exercé.

Agitation par translation mécanique. — En mai 1907, des modes d'agitation très variés ont été tentés avec des succès différents. J'ai trouvé que le mieux était de secouer l'électrolytique en masse. Je me suis arrêté au dispositif suivant. Un fort mouvement d'horlogerie déplace dans une glissière, rectilignement sur un parcours de 1^{cm} à 2^{cm}, un électrolytique fixé sur un chariot horizontal; il y a deux mouvements de va-et-vient par seconde. Le bruit du mécanisme est intercepté par un mur. Tantôt le mouvement d'horlogerie était déclenché par un aide; l'observateur signale alors à haute voix les accroissements perçus au téléphone; le renforcement débutait avec la mise en train. Tantôt l'opérateur déterminait lui-même le déclenchement de loin par un électro-aimant.

L'intensité du son téléphonique a toujours augmenté par l'agitation; l'augmentation dure tant que l'on continue l'agitation, elle s'accentue même, et, si l'agitation a été maintenue pendant quelques minutes, l'augmentation persiste pendant un temps assez long.

Dégagement gazeux. — C'est en faisant barboter un gaz dans l'électrolyte que le renforcement le plus considérable a été obtenu. On a employé les électrolytiques à trois tubulures. Dans la tubulure centrale ouverte est engagé un tube fin qui amène le gaz au sein du liquide. J'ai expérimenté avec différents gaz contenus dans des réservoirs sous une pression de 4^{atm} à 5^{atm}; l'écoulement était réglé par un robinet à pointeau d'après la rapidité de la production des bulles gazeuses. L'accroissement du son téléphonique s'observe sans retard dès que l'écoulement du gaz commence, il persiste souvent très longtemps après que le barbotage a cessé. Si, après avoir arrêté le dégagement du gaz, une diminution du son a eu lieu, un nouveau dégagement détermine un nouveau renforcement.

Le résultat est le même avec un dégagement gazeux produit en faisant pénétrer deux gros fils de platine dans l'électrolyte. On dirige par ces deux fils un courant électrique spécial qui décompose l'eau acidulée.

Les effets d'agitation s'observent plus nettement que les effets d'élévation de température, car dans le cas de l'agitation, l'action est brusque et vive au lieu de croître progressivement et lentement; l'oreille n'a pas à faire appel au souvenir d'une impression antérieure. L'accroissement de sensibilité avait d'abord lieu avec le courant d'un accumulateur, la force électro-

motrice de la pile du circuit récepteur peut être diminuée jusqu'à la force électromotrice d'un élément Leclanché et même d'un élément Daniell.

Ces différents effets ont été constatés avec des électrolytiques dont la pointe positive avait $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{20}$ de millimètre de diamètre.

J'ajoute une observation que j'ai faite il y a longtemps déjà. L'intensité du son au téléphone, pour une transmission donnée, est très notablement accrue, indépendamment de toute élévation de température ou de toute agitation, quand on introduit dans le circuit récepteur deux électrolytiques en série au lieu d'un seul. On augmente en même temps le voltage de la pile du circuit.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie du mouvement brownien.* Note de M. **P. Langevin**, présentée par M. Mascart.

I. Le très grand intérêt théorique présenté par les phénomènes de mouvement brownien a été signalé par M. Gouy [1] : on doit à ce physicien d'avoir formulé nettement l'hypothèse qui voit dans ce mouvement continuel des particules en suspension dans un fluide un écho de l'agitation thermique moléculaire, et de l'avoir justifiée expérimentalement, au moins de manière qualitative, en montrant la parfaite permanence du mouvement brownien et son indifférence aux actions extérieures lorsque celles-ci ne modifient pas la température du milieu.

Une vérification quantitative de la théorie a été rendue possible par M. Einstein [2], qui a donné récemment une formule permettant de prévoir quel est, au bout d'un temps donné τ, le carré moyen $\overline{\Delta_x^2}$ du déplacement Δ_x d'une particule sphérique dans une direction donnée x par suite du mouvement brownien dans un liquide, en fonction du rayon a de la particule, de la viscosité μ du liquide et de la température absolue T. Cette formule est

$$(1) \qquad \overline{\Delta_x^2} = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\mu a} \tau,$$

où R est la constante des gaz parfaits relative à une molécule-gramme et N

---

(1) Gouy, *Journ. de Phys.*, 2e série, t. VII, 1888, p. 561; *Comptes rendus*, t. CIX, 1889, p. 102.

(2) A. Einstein, *Ann. d. Physik*, 4e série, t. XVII, 1905, p. 549; *Ann. d. Physik*, 4e série, t. XIX, 1906, p. 371.

le nombre de molécules dans une molécule-gramme, nombre bien connu aujourd'hui et voisin de 8×10^{23}.

M. Smoluchowski [1] a tenté d'aborder le même problème par une méthode plus directe que celles employées par M. Einstein dans les deux démonstrations qu'il a données successivement de sa formule, et a obtenu pour $\overline{\Delta_x^2}$ une expression de même forme que (1), mais qui en diffère par le coefficient $\frac{64}{27}$.

II. J'ai pu constater tout d'abord qu'une application correcte de la méthode de M. Smoluchowski conduit à retrouver la formule de M. Einstein *exactement* et, de plus, qu'il est facile de donner, par une méthode toute différente, une démonstration infiniment plus simple.

Le point de départ est toujours le même : le théorème d'équipartition de l'énergie cinétique entre les divers degrés de liberté d'un système en équilibre thermique exige qu'une particule en suspension dans un fluide quelconque possède, dans la direction x, une énergie cinétique moyenne $\frac{RT}{2N}$ égale à celle d'une molécule gazeuse de nature quelconque, dans une direction donnée, à la même température. Si $\xi = \frac{dx}{dt}$ est la vitesse à un instant donné de la particule dans la direction considérée, on a donc pour la moyenne étendue à un grand nombre de particules identiques de masse m

$$m\overline{\xi^2} = \frac{RT}{N}. \tag{2}$$

Une particule comme celle que nous considérons, grande par rapport à la distance moyenne des molécules du liquide, et se mouvant par rapport à celui-ci avec la vitesse ξ subit une résistance visqueuse égale à $-6\pi\mu a\xi$ d'après la formule de Stokes. En réalité, cette valeur n'est qu'une moyenne, et en raison de l'irrégularité des chocs des molécules environnantes, l'action du fluide sur la particule oscille autour de la valeur précédente, de sorte que l'équation du mouvement est, dans la direction x,

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -6\pi\mu a\frac{dx}{dt} + X. \tag{3}$$

Sur la force complémentaire X nous savons qu'elle est indifféremment positive et négative, et sa grandeur est telle qu'elle maintient l'agitation de la particule que, sans elle, la résistance visqueuse finirait par arrêter.

L'équation (3), multipliée par x, peut s'écrire

$$\frac{m}{2}\frac{d^2x^2}{dt^2} - m\xi^2 = -3\pi\mu a\frac{dx^2}{dt} + Xx. \tag{4}$$

(1) M. VON SMOLUCHOWSKI, *Ann. d. Physik*, 4e série, t. XXI, 1906, p. 756.

Si nous considérons un grand nombre de particules identiques et prenons la moyenne des équations (4) écrites pour chacune d'elles, la valeur moyenne du terme Xx est évidemment nulle à cause de l'irrégularité des actions complémentaires X, et il vient, en posant $z = \frac{d\overline{x^2}}{dt}$,

$$\frac{m}{2}\frac{dz}{dt} + 3\pi\mu a z = \frac{RT}{N}.$$

La solution générale

$$z = \frac{RT}{N}\frac{1}{3\pi\mu a} + Ce^{-\frac{6\pi\mu a}{m}t}$$

prend la valeur constante du premier terme en *régime permanent* au bout d'un temps de l'ordre $\frac{m}{6\pi\mu a}$ ou 10^{-8} seconde environ pour les particules sur lesquelles le mouvement brownien est observable.

On a donc, en régime permanent d'agitation,

$$\frac{d\overline{x^2}}{dt} = \frac{RT}{N}\frac{1}{3\pi\mu a},$$

d'où, pour un intervalle de temps τ,

$$\overline{x^2} - \overline{x_0^2} = \frac{RT}{N}\frac{1}{3\pi\mu a}\tau.$$

Le déplacement Δ_x d'une particule est donné par

$$x = x_0 + \Delta_x,$$

et, comme ces déplacements sont indifféremment positifs et négatifs,

$$\overline{\Delta_x^2} = \overline{x^2} - \overline{x_0^2} = \frac{RT}{N}\frac{1}{3\pi\mu a}\tau;$$

d'où la formule (1).

III. Un premier essai de vérification expérimentale vient d'être fait par M. T. Svedberg [1], dont les résultats ne s'écartent de ceux fournis par la formule (1) que dans le rapport de 1 à 4 environ et s'approchent davantage de ceux calculés par la formule de M. Smoluchowski.

Les deux démonstrations nouvelles que j'ai obtenues de la formule de M. Einstein, en suivant pour l'une d'elles la marche amorcée par M. Smoluchowski, me paraissent écarter définitivement la modification proposée par ce dernier.

---

(1) T. Svedberg, *Studien zur Lehre von den kolloïden Lösungen*. Upsala, 1907.

D'ailleurs, le fait que M. Svedberg ne mesure pas réellement la quantité $\overline{\Delta_x^2}$ qui figure dans la formule et l'incertitude sur le diamètre réel des granules ultramicroscopiques qu'il a observés appellent de nouvelles mesures faites de préférence sur des granules microscopiques de dimensions plus faciles à connaître exactement, et pour lesquels l'application de la formule de Stokes, qui néglige les effets d'inertie du liquide, est certainement plus légitime.

ACOUSTIQUE. — *Flammes sonores renforçant plusieurs sons.* Note de M. G. **Athanasiadis**, présentée par M. Lippmann.

Tubes à flammes à deux sons. — I. L'harmonica chimique peut donner en même temps deux ou plusieurs sons à cause de la coexistence de différents mouvements vibratoires de la flamme. Pour cela, nous introduisons une flamme manométrique dans un tube de verre et, en réglant la hauteur de la flamme et la longueur du tube de verre, nous pouvons entendre ensemble le son propre de la flamme (qui est de la même hauteur que celui du tuyau) et le son de l'harmonica chimique.

Pour y arriver, la flamme rendant le son du tuyau, il faut abaisser le tube de la flamme jusqu'au moment où le son de l'harmonica commence à se produire. Nous réglons alors la hauteur de la flamme de manière à faire coexister les deux sons et nous pouvons changer à volonté leurs intensités relatives.

La coexistence des deux sons ainsi que l'intensité relative peuvent être montrées par le miroir tournant et surtout avec une flamme d'acétylène, avec laquelle les images obtenues sont bien distinctes [1]. L'expérience réussit avec une flamme de gaz, mais mieux encore avec une flamme d'hydrogène ou d'acétylène. (Dans un tube de longueur 86^{cm} et $3^{cm},4$ de diamètre, qui donne le son sol_2, nous faisons entrer une flamme d'acétylène, produisant le son sol_3 du tuyau sonore.)

Il est possible de faire coexister trois ou plusieurs sons. Il suffit pour cela de donner à la flamme simultanément les vibrations qui proviennent des capsules manométriques de deux ou de plusieurs tuyaux sonores.

II. Si l'on souffle un courant d'air ou d'un autre gaz (oxygène ou acide carbonique) par un second tube de verre dont l'orifice (d'un diamètre de 1^{mm}-2^{mm}) est situé plus bas que l'orifice du tube de la flamme, le son de l'harmonica s'éteint, mais il se reproduit quand nous interrompons le cou-

---

[1] Les images des flammes peuvent être projetées sur un écran au moyen d'une lentille et d'un miroir tournant ou d'un miroir concave oscillant.

rant d'air ou de gaz par le second tube. L'extinction du son se fait très vite quand le courant est plus fort. Avec un courant d'oxygène la flamme devient plus courte et plus lumineuse. L'expérience réussit avec des flammes d'hydrogène, de gaz ou d'acétylène.

Le son aussi s'éteint si nous conduisons le courant d'air d'en haut par un tube recourbé, mais le son tarde de renaître après l'interruption du courant d'air et surtout quand on met plus bas l'orifice du tube.

L'extinction du son est évidemment attribuée à la perturbation de la flamme vibrante et par conséquent à la perturbation du mouvement d'air dans le grand tube de l'harmonica.

III. Ce fait peut être utilisé pour construire une sorte *d'orgue* comme le *pyrophone* du Kastner (1). Nous prenons plusieurs tubes à flammes de différentes longueurs donnant les sons de la gamme et nous plaçons dans chaque tuyau un autre tube étroit conduisant le courant d'air qui provient d'une soufflerie portant des touches. Le nombre de touches est égal au nombre des tubes à flammes. Comme nous l'avons déjà remarqué, les tubes parlent seulement quand on interrompt le courant d'air, tandis qu'ils restent muets dès que le courant d'air passe par les tubes étroits.

PHYSIQUE. — *Sur un dispositif spectrophotométrique.* Note de M. **J. Thovert**, présentée par M. J. Violle.

On sait combien est avantageuse en Spectrophotométrie, au point de vue de la rigueur des observations, la disposition des éclairements à comparer sur deux plages étendues juxtaposées, de *coloration uniforme* pouvant être précisée jusqu'à la limite de résolution du spectroscope. Dans le spectrophotomètre de Gouy cette disposition est réalisée par l'emploi de deux collimateurs éclairant chacun la moitié du champ d'observation de la lunette.

Le dispositif indiqué ici a pour but de réaliser la même apparence, avec des organes simples, de réglage facile, s'adaptant à un spectroscope quelconque pourvu d'un prisme de comparaison pour l'éclairage simultané de deux portions contiguës de la fente par deux sources différentes.

On limite d'abord le champ d'éclairement en plaçant sur la lentille collimatrice un diaphragme d'ouverture rectangulaire dont l'étendue peut être ajustée : le champ, ainsi limité, est éclairé entièrement par les deux faisceaux à comparer superposés. On interpose ensuite, dans le plan focal de la lunette d'observation, une fente de largeur variable, recouverte sur la moitié de sa hauteur par un prisme d'angle faible qui

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVI, 1873, p. 699.

sépare les deux faisceaux éclairants. En plaçant l'œil contre cette fente, le champ apparaît sous forme de deux plages de même coloration qu'on peut juxtaposer exactement par un réglage convenable de l'étendue du premier diaphragme.

L'observation de ces plages est facilitée par un système oculaire formant viseur, à travers la fente, sur le diaphragme même.

On obtient alors, en arrière de ce système, la concentration des faisceaux éclairants dans une région de l'espace (anneau oculaire) dégagée de tout agencement, de sorte que l'œil peut s'y placer commodément pour utiliser au maximum l'ouverture de la pupille (qui doit, dans tous les cas, englober la totalité des faisceaux à comparer).

En plus des pertes par absorption et réflexion, ce système oculaire additionnel fera perdre sur l'éclairement des plages à comparer en proportion même du grossissement qui le caractérisera ; c'est une circonstance dont il importe de tenir compte lorsque l'éclairement est faible. Même en usant directement de la fente comme oculaire, l'éclairement avec le dispositif décrit ici n'est que la moitié de celui fourni par le système à double collimateur de Gouy.

A cette occasion, il n'est pas sans intérêt de remarquer que, dans la spectrophotométrie d'absorption ou de sources faiblement lumineuses, la définition de la coloration est surtout limitée par la nécessité d'un éclairement minimum entraînant une certaine ouverture de la fente objective ; si l'on tient compte du fait que l'éclairement dans le champ varie en raison inverse du carré de la longueur focale des lunettes du spectroscope, tandis qu'à dispersion égale la puissance de résolution est proportionnelle à cette distance, on sera conduit à employer les dispositifs du genre décrit ci-dessus, lorsque l'éclairement est faible, avec des lunettes de la plus courte longueur possible. On peut noter, à titre d'exemple, que des objectifs de 50^{mm} de longueur focale, suffisants pour résoudre avec une dispersion moyenne les variations de longueur d'onde de $1^{\mu\mu}$, donneraient un éclairement du champ cinq à six fois plus fort que celui des instruments usuels, dans les mêmes conditions de définition.

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Action des sels alcalins à base fixe sur la combustion des gaz et des poussières combustibles.* Note de M. **Dautriche**, présentée par M. Vieille.

On a récemment proposé [1] de supprimer les flammes à la bouche des armes en ajoutant aux poudres sans fumée certaines matières étrangères (vaseline, bicarbonates alcalins, savons alcalins et alcalino-terreux, résinates de soude, de baryte et d'alumine). Mais le problème n'a pas reçu de solution générale; l'efficacité des produits

---

[1] Brevet français n° 364413 et addition n° 7749.

ajoutés n'a pas été suffisamment démontrée et, comme le montrent nos essais, à côté de matières réellement utiles telles que des sels de potasse ou de soude, on en a préconisé d'autres qui, comme les sels alcalino-terreux, n'ont qu'une action secondaire.

Les mêmes observations s'appliquent à certains explosifs pour mines grisouteuses, qu'on emploie en Belgique et en Allemagne et qui contiennent des nitrates de potasse, de soude ou de baryte et du bichromate de potasse. D'ailleurs, on ne trouve dans la littérature scientifique aucune justification de l'emploi de ces sels. On a étudié, il est vrai, la sécurité des explosifs de sûreté par la mesure de la longueur et de la durée de leurs flammes; mais cette méthode paraît délicate et peu précise, et son auteur ne parle pas de l'action des sels ajoutés [1].

Ces problèmes balistiques ou miniers se ramènent à l'étude de la combustion de l'hydrogène, du carbone et de l'oxyde de carbone produits par la combustion des poudres ou la détonation des explosifs. Nous avons déterminé la proportion de gaz comburés en faisant détoner les cartouches explosives dans une chaudière pleine d'air et mesurant les quantités de chaleur dégagées. Nous avons pu ainsi étudier le degré d'efficacité de différentes matières ajoutées aux explosifs.

Le mode opératoire que nous avons employé a été imaginé, en 1888, par la Commission des Substances explosives avec la collaboration de MM. Mallard et Le Chatelier [2]. On fait détoner 30^g d'explosif dans une chaudière close de 10^{m^3}; de la pression obtenue, corrigée du refroidissement, on déduit la quantité de chaleur dégagée connaissant le poids, la chaleur spécifique et le coefficient de dilatation de l'air contenu dans la chaudière. Le Tableau suivant donne les résultats obtenus du 8 au 27 février 1908; les chiffres indiqués se rapportent à 100^g d'explosif.

a. Coton-poudre décanitrique.

Désignation de l'explosif.	Chaleur trouvée. (Cal)
Seul	184
A 0,5 pour 100 de CO^3HNa	146
A 1 pour 100 »	88
A 2 pour 100 »	89
A 2 pour 100 de NO^3K	88
A 3 pour 100 de SO^4K^2	79
A 2 pour 100 de CO^3Ca	152
A 4 pour 100 de CO^3Mg	152
A 10 pour 100 »	140
A 3 pour 100 de N^2O^6Pb	140

Chaleur calculée.

Ce coton-poudre dégage :

	Cal	
Par détonation	96	environ
Par détonation avec combustion totale	210	»
Par détonation avec combustion de H^2	153	»

---

[1] *Les nouvelles expériences de M. C.-E. Bichel* (*Annales des Mines de Belgique*, t. VII).

[2] *Emploi des explosifs en présence du grisou : Rapport de M. Mallard* (*Mé-ial des Poudres et Salpêtres*, t. II).

b. Coton-poudre ennéanitrique.

Désignation de l'explosif.	Chaleur trouvée.	Chaleur calculée.		
Seul	164 Cal	Ce coton poudre dégage :		
A 10 pour 100 de CO^3HNa.	61	Par détonation	85 Cal	environ
		Par détonation avec combustion totale	264	»

c. Trinitrotoluène.

Seul	>250	Le trinitrotoluène dégage :		
A 2 pour 100 de NO^3K	117	Par détonation	70 Cal	environ
A 3 pour 100 »	96	Par détonation avec combustion totale	310	»
A 4 pour 100 »	82	Par détonation avec combustion de H^2 et C	186	»
A 5 pour 100 »	66			
A 10 pour 100 »	66			
A 6 pour 100 de N^2O^6Ba	187			
A 10 pour 100 »	175			

La Commission des Substances explosives avait trouvé que les produits de détonation du coton-poudre décanitrique ne s'enflammaient pas à l'air; mais, en 1888, ce coton-poudre contenait de 2 à 4 pour 100 de carbonate de soude.

Ces expériences montrent que, pour éviter la combustion des produits de détonation des explosifs à combustion incomplète, il suffit de les surdoser avec de petites quantités de sels de potasse ou de soude. L'emploi de ces explosifs dans les mines grisouteuses ne saurait donc être rejeté *a priori*. D'autre part, les autres matières ajoutées et, en particulier, les sels alcalino-terreux, n'ont qu'une action restreinte sur la combustion des produits; d'après les chaleurs dégagées, ils paraissent seulement s'opposer à la combustion de l'oxyde de carbone.

L'addition de sels alcalins doit être également faite pour éviter l'inflammation des mélanges combustibles qui préexistent dans le voisinage des cartouches (grisou et poussières de houille). La sécurité des explosifs français à base de nitroglycérine, nitronaphtaline et nitrate d'ammoniaque serait beaucoup augmentée par l'adjonction d'une petite quantité de nitrate de potasse ou de soude.

On a fait quelques essais d'inflammation de mélanges d'air et de gaz d'éclairage à 10-11 pour 100 :

a. Mélanges de coton-poudre décanitrique et d'azotate d'ammoniaque.

Composition de l'explosif.	Poids de la cartouche.	Résultat.	Observations.
30 + 70	50 g	I	I : Inflammation
30 + 70 + 3 de CO^3HNa	51,5	N	N : Pas d'inflammation

b. Mélanges de trinitrotoluène et d'azotate d'ammoniaque.

20 + 80	50	I	$t = 2190^\circ$
18 + 82	»	I	$t = 2120$
16 + 84	»	I	$t = 2040$
14 + 86	»	I	$t = 1940$
12 + 88	»	N	$t = 1840$
22 + 75 + 3 de NO^3K	»	I	
20 + 77 + 3 »	»	N	2 essais concordants
14 + 83 + 3 »	175	I	
14 + 83 + 6 »	100	I	
14 + 80 + 6 »	100	N	
18 + 78 + 4 de N^2O^6Ba	50	I	

La substitution d'une petite quantité de salpêtre à une égale quantité de nitrate d'ammoniaque est presque sans influence sur la température de détonation. L'addition de salpêtre a donc produit, au point de vue de la sécurité, *le même effet qu'un abaissement de température de* 300°.

En résumé, un nuage formé de poussières d'un sel quelconque de potasse ou de soude s'oppose à la combustion des gaz et des poussières combustibles; les sels alcalino-terreux n'ont qu'une action secondaire. Parmi les applications de la propriété que nous avons mise en évidence, on peut citer : la suppression des flammes à la bouche et des retours de flammes dans le tir des poudres sans fumée; l'amélioration des explosifs et des artifices de mise de feu (détonateurs, cordeaux détonants) pour mines grisouteuses; des perfectionnements dans le mode d'emploi des explosifs, en vue d'introduire des sels alcalins dans le voisinage des cartouches.

CHIMIE. — *Sur la combustion sans flamme et l'inflammation des gaz à l'extrémité d'une tige métallique.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. Troost.

Je viens de réaliser une expérience qui, je le crois, est de nature à jeter un jour nouveau sur le phénomène de la combustion des gaz et peut-être aussi sur leur cohésion, dont on n'a encore que peu d'exemples. Voici en quoi elle consiste :

Je prends une lampe à manchon incandescent alimentée par de l'alcool, dont le modèle se trouve depuis quelques années dans le commerce. C'est une sorte d'éolipyle monté sur quatre tubes par lesquels pénètre la mèche de coton qui sert à amener l'alcool. L'éolipyle, chauffé par la flamme elle-même, est de forme annulaire, en sorte que la flamme se dégage par la partie centrale cylindrique, recouverte d'un disque bombé et perforé de trous assez rapprochés. Le disque empêche la flamme de se produire à l'intérieur et détermine le mélange plus parfait des vapeurs d'alcool et d'air. Enfin, au milieu se trouve une tige de fer de 8^{cm} de haut destinée à soutenir le manchon par-dessus l'appareil.

Or, il est arrivé qu'après un certain temps de bon fonctionnement, je n'ai pu obtenir une lumière aussi vive que celle que j'obtenais d'abord, malgré le renouvellement des manchons. J'ai remarqué que l'obscurcissement se produisait au moment où le disque perforé commençait à rougir. J'ai enlevé le manchon; après quelques tâtonnements et avec quelques précautions, j'ai réussi à faire rougir le disque et j'ai obtenu de la sorte une lampe sans flamme sans recourir au platine, car le disque est formé d'un alliage de cuivre. Quand il est rouge, on avive l'incandescence en envoyant davantage de vapeurs d'alcool; en arrêtant le jet pendant 3 à 4 secondes le disque s'obscurcit, mais on lui rend son éclat par une émission nouvelle de vapeurs. J'ai eu beau approcher du disque un tampon chargé d'alcool ou une mèche imbibée d'essence de pétrole, il m'a été impossible, malgré la température élevée, d'obtenir l'inflammation; le bois d'une allumette se carbonise sans donner de flamme, etc.

La combustion sans flamme des gaz et vapeurs inflammables est donc localisée à la surface du disque rouge. Il est nécessaire, pour expliquer l'absence de la flamme, d'admettre qu'un des éléments de la combustion, combustible ou oxygène, est retenu au voisinage de la surface. Je rappellerai qu'il a fallu faire une hypothèse analogue pour expliquer qu'un filament métallique rougi par un courant électrique ne déterminait pas l'inflammation d'un mélange de grisou très explosif et admettre que, l'oxygène étant maintenu autour du filament par l'incandescence, l'explosion ne pouvait pas se produire (Couriot et J. Meunier, *Comptes rendus*, t. CXLV, 9 décembre

1907, p. 1161). C'est encore l'oxygène qui est retenu par le disque devenu incandescent, et, cette fois, je suis assez heureux pour pouvoir fournir une preuve directe et très frappante de ce phénomène.

Il y a dans mon expérience un excès de gaz combustible dégagé qui n'est pas brûlé, et, si j'approche une allumette ou une lumière vers l'extrémité de la tige de fer, à 6^{cm} ou 7^{cm} au-dessus du disque, une flamme s'allume à l'extrémité même et continue à brûler indéfiniment, quand j'opère à l'abri des courants d'air. L'oxygène a donc été retenu et séparé par le disque incandescent, et le flux de gaz combustible s'élève autour de la tige comme il s'élèverait à l'intérieur d'un tube, sans se mélanger à l'air ambiant et sans être enflammé le long de cette tige, dont la température reste peu considérable. Il n'est pas nécessaire que la tige soit régulière; son extrémité peut être aplatie et présenter deux pointes. La flamme prend alors la forme de celle d'un bec papillon, de même si l'on y fixe une lamelle doublée; on peut aussi attacher un clou dont la tête fait saillie, la flamme prend point d'appui sur la tête; l'emploi d'une petite corbeille en toile métallique produit une flamme de forme étalée. Pour donner à cette flamme de l'éclat, il suffit d'en approcher la toile d'un manchon qui devient incandescent.

J'ai observé aussi que la flamme, à l'extrémité de la tige métallique, attirait la flamme qui me servait à l'allumer.

Il me semble que cette expérience est très démonstrative et fournit des données certaines sur le mécanisme de la combustion par incandescence, dont je me propose de faire connaître bientôt d'autres particularités. Elle renseigne aussi sur les phénomènes qui l'accompagnent et montre que les gaz ont une certaine cohésion, puisqu'ils peuvent monter le long d'une tige métallique, régulière ou non, sans se mélanger aux gaz voisins, comme s'ils étaient protégés par une enveloppe solide.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition du grain d'amidon.* Note de Mme Z. Gatin-Gruzewska, présentée par M. L. Maquenne.

MM. Maquenne et Roux [1] ont démontré que l'amylocellulose des auteurs antérieurs est identique à la substance formant la plus grande partie du grain d'amidon et ont donné à l'ensemble le nom d'*amylose*. En opérant sur l'amidon cuit et rétrogradé, ils ont retiré une certaine quantité de cette amylose qu'ils appellent *amidon artificiel*. En outre, ces auteurs pensent que les empois d'amidon sont composés d'amylose en solution, épaissie par

---

[1] Maquenne et Roux, *Annales de Chim. et de Phys.*, t. IX, 1906, p. 179-220.

une substance insoluble dans l'eau et les alcalis, ne paraissant pas bleuir par l'iode et à laquelle ils proposent de donner le nom d'*amylopectine*.

Dans une Note antérieure [1] j'ai donné une méthode qui m'a permis de séparer l'amylopectine de l'amylose. A un empois à 3 pour 100 de fécule de pomme de terre on ajoute un quart de volume de potasse ou de soude à 40 pour 100 à chaud, puis un tiers du volume total d'alcool à 95°. Il se forme d'abord un précipité filamenteux d'amylopectine ; on le lave, on le fait regonfler dans l'eau, on le neutralise et on le purifie par dialyse ou décantation. Des eaux mères de la première précipitation on peut extraire une certaine quantité d'amylose.

J'apporte aujourd'hui une seconde méthode qui, presque par des moyens physiques, permet une séparation des composants du grain d'amidon cru, tel qu'il se trouve dans la nature. J'ai montré précédemment que l'amylopectine forme l'enveloppe du grain; si l'on fait agir, sur de la fécule de pomme de terre crue, une certaine quantité d'alcali en présence d'une grande quantité d'eau, l'enveloppe se gonfle et la substance intérieure, se dissolvant rapidement, attire l'eau. Sous l'action de la pression osmotique développée dans le grain, l'enveloppe éclate et la substance intérieure, solubilisée, se déverse au dehors. En neutralisant, on fait se contracter l'enveloppe, ce qui contribue à la séparation des deux substances.

Pour faire gonfler 10^{g} de fécule de pomme de terre, il faut 500^{cm^3} de soude à 1 pour 100; on complète à 1^{l} et, si la préparation a réussi, on neutralise avec de l'acide acétique. On ajoute encore 1^{vol} d'eau et on laisse le tout reposer 24 heures. Les enveloppes vides se déposent au fond du vase (amylopectine) et le liquide qui surnage contient l'amylose dissoute. Les deux substances, après séparation, sont purifiées par des moyens appropriés. Rien de plus facile que de reconnaître, sous le microscope, si la préparation est pure et bien réussie. L'amylose se colore par l'iode en *bleu franc*, les enveloppes en *bleu violacé*.

L'amylopectine ainsi obtenue forme 40 à 45 pour 100 de l'empois. Chaque enveloppe du grain est composée d'une série plus ou moins grande de sacs emboîtés les uns dans les autres. Ces sacs sont insolubles dans l'eau froide, se gonflent dans l'eau chaude en formant des empois gélatineux qui ne rétrogradent pas et se liquéfient dans l'eau surchauffée. Ces solutions (ou pseudo-solutions) sont visqueuses. Les alcalis distendent les sacs en une substance finement granuleuse, filamenteuse, qui, en présence d'un excès d'alcali et d'eau, donne, après neutralisation, des solutions opalescentes. Le pouvoir rotatoire de ces solutions, à la concentration de $0^{g},178$ et de conductivité élec-

---

(1) GATIN-GRUZEWSKA, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXIV, 1908, p. 178.

trique 0,00003, est

$$[\alpha]_D = +221^\circ.$$

L'amylopectine préparée par le second procédé se comporte, sous l'action de l'amylase du suc pancréatique, comme celle provenant du premier procédé. L'hydrolyse est lente et aboutit à la formation de maltose et de dextrines.

L'*amylose* obtenue par cette méthode ne rétrograde pas si elle n'a pas été chauffée. Desséchée en poudre fine, elle se solubilise en partie dans l'eau froide, en totalité à chaud (100° à 120°) en donnant des solutions opalescentes. Ces solutions se colorent par l'iode en bleu franc et avec bien plus d'intensité que celles d'amylopectine qui se colorent en bleu violacé. Elle se dissout rapidement au contact de faibles quantités d'alcalis. Le pouvoir rotatoire de ces solutions, à la concentration de 0g,642 pour 100 et de conductivité 3×10^{-5}, est

$$[\alpha]_D = +182^\circ,4.$$

Sous l'action du suc pancréatique de chien elle donne du maltose et de l'amylose rétrogradée, résultats concordants avec ceux obtenus par MM. Maquenne et Roux avec l'amylase du malt sur l'amylose qu'ils ont préparée.

En résumé : 1° cette méthode de préparation permet de séparer, presque à l'état naturel, l'amylopectine de l'amylose.

2° L'*amylopectine* est un corps nouveau, mucilagineux, qui a tous les caractères de l'amidon, excepté celui de rétrograder après chauffage; on peut le rapprocher du glycogène.

3° L'*amylose,* qu'on peut appeler *amidon soluble pur,* est un ensemble de substances semblables dans des états différents de condensation et peut-être d'hydratation. Les moins condensées sont solubles dans l'eau froide. Les solutions préparées à l'aide des alcalis sont stables, celles obtenues par l'action de la chaleur le sont moins et rétrogradent rapidement.

4° Dans le grain d'amidon de la pomme de terre, l'amylopectine forme l'enveloppe, composée de sacs successifs, et l'amylose, la substance interne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Observations sur la Note de Mme Gatin-Gruzewska.* Note de M. L. **Maquenne**.

L'isolement simultané de l'amylose et de l'amylopectine, réalisé de deux manières différentes par Mme Gatin, marque un progrès considérable dans la connaissance de l'amidon naturel; il vient d'abord démontrer d'une façon irréfutable l'exactitude des conclusions auxquelles nous sommes arrivés antérieurement, M. Roux et moi; il nous apprend, en outre, quelque chose de plus, qui me paraît digne d'attirer l'attention.

L'amylopectine, séparée de l'amylose comme il a été dit plus haut, présente encore, quoique à un moindre degré, la propriété de se colorer par l'iode. La teinte qu'elle prend ainsi n'est pas, il est vrai, identique à celle que donne l'amylose dans les mêmes conditions, mais on peut se demander si ce caractère commun n'est pas la conséquence de quelque relation de structure entre les deux corps qui le possèdent.

Il est assez peu probable que, après les traitements alcalins qu'on lui a fait subir, l'amylopectine de Mme Gatin renferme encore une proportion sensible d'amylose peu soluble; cela ne pourrait arriver que si cette amylose, en solution solide dans la pellicule (peut-être semi-perméable) d'amylopectine, s'y trouvait retenue avec une énergie telle que ses dissolvants ordinaires n'en puissent plus enlever, à chaque passage, qu'une fraction insignifiante. Si l'on écarte cette hypothèse, on est conduit à admettre que la propriété de se colorer en violet par l'iode appartient en propre à l'amylopectine, ou au moins à certaines variétés d'amylopectines, car cette substance ne doit pas être plus homogène que l'amylose, mais bien composée, comme cette dernière, d'un mélange complexe de produits homologues ou différemment condensés.

Dans tous les cas, il semble qu'il n'existe pas de transition brusque entre le groupe des amyloses peu solubles, occupant le bas de la série, et celui des amylopectines les moins résistantes; en un mot, il doit se trouver, dans l'amidon naturel, des corps qui présentent à la fois les propriétés, plus ou moins nettes ou atténuées, de l'amylose et de l'amylopectine. Cette manière de voir est conforme à l'idée qu'on peut se faire de la genèse naturelle du grain d'amidon, l'amylopectine dérivant peut-être de l'amylose par condensation de celle-ci, comme l'amylose dérive des sucres; elle est, d'autre part, en contradiction avec ce fait reconnu que l'amylopectine seule donne des dextrines par hydrolyse diastasique. C'est donc une hypothèse que l'expérience devra ultérieurement établir ou au contraire infirmer.

Ainsi s'expliquerait la difficulté de séparation de tous ces corps voisins; on s'explique ainsi pourquoi on ne trouve guère que 20 pour 100 d'amylopectine dans l'empois de fécule, par examen colorimétrique, tandis que Mme Gatin en extrait environ le double.

Une autre conclusion qui découle des recherches précédentes et que, bien que la pressentant, M. Roux et moi, nous n'avions pas osé déduire explicitement de nos seuls travaux personnels, c'est que l'empois de fécule, non surchauffé, n'est pas un véritable colloïde. En effet, l'un de ses composants, l'amylose, s'y trouve à l'état de solution parfaite, comme nous l'avons dit

pour la première fois; l'autre y offre la forme de pellicules dont le plissement et le drapage, dans les préparations que nous a montrées M[me] Gatin, sont d'une netteté remarquable.

Ce sont ces larges membranes qui obturent mécaniquement les filtres quand on y jette de l'empois d'amidon; parfois, lorsqu'elles ont été fortement gonflées par l'eau bouillante ou les alcalis, elles semblent disparaître, parce qu'alors leur indice de réfraction devient presque égal à celui de l'eau; toujours, tant qu'elles n'ont pas été désagrégées par une attaque trop violente, elles conservent des dimensions qui, après addition d'iode, les rendent visibles au microscope, même sous les plus faibles grossissements. Il n'y a donc rien de commun entre ces énormes débris et les agrégats moléculaires infiniment ténus qui caractérisent les colloïdes vrais.

S'il existe réellement dans l'empois ordinaire une substance à l'état de pseudosolution micellaire, ce sera un troisième composant de l'amidon à ajouter à ceux que nous connaissons déjà, à savoir l'amylose et l'amylopectine. Ces considérations cessent naturellement d'être applicables à l'empois cuit sous pression, dans lequel l'amylopectine a perdu, par hydrolyse partielle, sa forme organisée : le colloïde qui apparaît alors (si toutefois il s'en produit) résulterait uniquement, d'après nous, de cette hydrolyse, comme les dextrines qui en représentent les produits ultérieurs de désagrégation.

Je profiterai enfin de la circonstance pour exposer certains résultats que j'ai obtenus en essayant d'isoler l'amylopectine, résultats qui ne m'avaient pas paru jusqu'ici assez nets pour justifier leur publication, mais qui maintenant prennent une certaine importance parce qu'ils se trouvent en parfait accord avec ceux, plus complets, que vient de rapporter M[me] Gatin.

Lorsqu'on fait bouillir de la fécule avec une solution saline (sulfate, citrate de sodium, etc.), concentrée et par conséquent hypertonique, on obtient un liquide filtrable sur papier, dont la partie claire est riche en amylose et la partie insoluble chargée d'amylopectine. Si l'on soumet celle-ci au même traitement, trois ou quatre fois de suite, on finit par avoir une solution qui, d'après l'examen colorimétrique en présence d'iode [1], renferme une quantité d'amylose égale à 60 pour 100 environ du poids total de la fécule employée. Le résidu insoluble se colore par l'iode en violet rouge et offre au microscope le même aspect de sacs vides que le produit de M[me] Gatin : c'est

[1] Dans ces circonstances, l'iodure d'amidon est nécessairement coagulé en gros flocons, mais on peut, par un artifice très simple dû à M. Roux, le ramener à l'état de pseudosolution claire, ce qui rend l'observation facile.

de l'amylopectine impure, renfermant encore une quantité inconnue d'amylose insoluble dans l'eau bouillante.

Les mêmes résultats s'observent quand on essaye de préparer de l'empois avec de l'eau de chaux, qui s'oppose au gonflement exagéré des membranes pecteuses; la solution filtrée et neutralisée se colore en bleu pur intense par l'iode et le résidu présente encore la forme pelliculaire qui, en dernière analyse, paraît être caractéristique de l'amylopectine naturelle.

Ce sont là, maintenant, des faits solidement établis; nous sommes heureux de les voir tous, y compris ceux observés récemment par M. Fouard ([1]) et par M. Bierry ([2]), concorder avec les théories que nous avons précédemment émises, M. Roux et moi, sur la structure physicochimique du grain d'amidon et la constitution de l'empois.

BOTANIQUE. — *Sur la durée des peroxydiastases des graines.* Note de MM. **Brocq-Rousseu** et **Edmond Gain**, présenté par M. G. Bonnier.

Dans une Note antérieure ([3]) nous avons indiqué que les peroxydiastases découvertes dans les graines n'y persistent pas indéfiniment.

En vue de préciser cette conclusion, nous avons examiné, par la méthode déjà décrite, des graines d'âges différents et authentiques provenant des collections suivantes :

Ages d'ancienneté des divers lots de graines.	Origine des graines.
5000 à 2000 ans...	Collections pharaoniques du Musée de Boulaq (Graines choisies et envoyées par M. Maspero).
500 ans environ...	XVe et XVIe SIÈCLES. — Collections préincasiques de la Mission Paul Berthon : Graines du cimetière de Pachacamac (Pérou).
400 ans environ...	XVIe SIÈCLE. — Collections du Musée d'Ethnographie du Trocadéro : Graines des sépultures péruviennes d'Ancon (M. Hamy).
300 à 250 ans...	Herbier de Dominique Perrin de Dommartin, médecin lorrain du XVIe siècle (Faculté des Sciences de Nancy).
208 ans environ...	Herbier de Tournefort du Muséum d'Histoire naturelle de Paris (Graines extraites par M. le Dr Bonnet).

([1]) *Comptes rendus,* t. CXLVI, p. 285.

([2]) *Comptes rendus,* t. CXLVI, p. 417.

([3]) Brocq-Rousseu et Edmond Gain, *Sur l'existence d'une peroxydiastase dans les graines sèches* (*Comptes rendus,* 16 décembre 1907).

Ages d'ancienneté des divers lots de graines.	Origine des graines.
178 à 120 ans.....	Herbier Gormand, Secrétaire perpétuel du Collège des Médecins de Nancy (Faculté des Sciences de Nancy).
125 et 123 ans.....	Herbier Pourret (Muséum de Paris), graines datées de 1785 et 1787 extraites par M. le Dr Bonnet.
119 à 38 ans......	Herbier du Laboratoire de Botanique de la Sorbonne (M. Bonnier).
98 à 18 ans.......	Collections des graines de la chaire de Culture du Muséum (M. Costantin) et graines extraites des herbiers de De Candolle, Desvaux, Lejeune; herbier Levent et Saubinet (de l'École de Médecine de Reims), 1810 à 1890.
58 ans...........	Collection des Céréales de Godron (Faculté des Sciences de Nancy).
+ de 38 ans......	Herbier de l'ancien Collège de Forbach (Faculté des Sciences de Nancy).
15 à 2 ans........	Graines récentes des collections du Laboratoire de Botanique appliquée de la Faculté des Sciences de Nancy.

Les peroxydiastases des graines peuvent parfois disparaître au bout de peu d'années, *Galium* de 20 ans, par exemple; elles peuvent aussi se conserver longtemps.

Les graines les plus anciennes, dans lesquelles nous avons constaté l'existence de la survivance d'une peroxydiastase, appartiennent au XVIIIe siècle, et sont les suivantes :

1. *Triticum hybernum* et *Triticum monococcum* âgés de 208 ans environ. Graines de l'herbier de Tournefort, extraites de cet herbier par M. le Dr Bonnet qui nous les a envoyées. D'autres graines de cet herbier n'ont pas donné la réaction, par exemple celles d'*Hordeum distichon*.

2. *Adonis silvestris* C. B. Pinax (synonyme probable : *Adonis autumnalis* L.). Trois échantillons conservés dans trois feuilles séparées de l'herbier Gormand, et étiquetés par l'auteur de cet herbier. L'herbier Gormand est resté oublié dans une malle depuis 1790 jusqu'à 1900 [1]. Nous avons nous-même prélevé les graines d'*Adonis*, dont nous possédons encore une centaine d'exemplaires, d'authenticité certaine.

Trifolium spicatum angustifolium C. B. Pinax, vulgo *Lagopus* (syn. : *Trifolium angustifolium* L.). Cet échantillon provient aussi de l'herbier Gormand et porte 50 à 60 graines.

Cet *Adonis* et ce Trèfle sont âgés de 130 à 150 ans et sont les seuls qui ont présenté

---

[1] C'est dans cet herbier que se trouvait l'herbier de Dominique Perrin, dont les conditions de conservation ont été les mêmes depuis 125 ans (*Comptes rendus*, 23 décembre 1901).

la réaction peroxydiastasique parmi les 75 types d'espèces différentes, fournies par l'herbier Gormand.

3. *Triticum æstivum* (année 1787), et *Hordeum hexastichum* (année 1785). Grains âgés de 120 à 125 ans environ, extraits de l'herbier Pourret par M. le Dr Bonnet.

Aucune des graines examinées par nous, antérieures au XVIIIe siècle (graines pharaoniques, graines péruviennes, graines de l'herbier Perrin), n'a donné l'indication de la persistance d'une peroxydiastase. Au contraire, pour les graines provenant du XIXe siècle, il y a toujours, dans chaque lot examiné, une certaine proportion des espèces dont les graines ont conservé leur peroxydiastase. Cette proportion est d'autant plus considérable qu'on se rapproche du XXe siècle. Parmi les 300 espèces environ, soumises à un examen, il est noté que certains genres et certaines espèces manifestent très inégalement l'aptitude à conserver la faculté peroxydiastasique : ainsi les *Triticum* la conservent jusqu'à 200 ans, les *Hordeum* jusqu'à 125 ans, avec quelques exceptions seulement; *Crocus* jusqu'à 84 ans et *Acacia* jusqu'à 61 ans, sans aucune exception. Nous avons toujours constaté que, lorsque la réaction se produit, c'est toujours dans les tissus qui n'ont pas subi ce que l'un de nous a appelé antérieurement *le brunissement* (1). L'*Adonis* et le *Trifolium*, cités plus haut, avaient très exceptionnellement échappé jusque-là au brunissement, qui est généralement très accentué dans les graines de cet âge, et notamment dans d'autres Trèfles du même herbier.

Les graines qui sont en voie de brunissement perdent graduellement la faculté peroxydiastasique. Ainsi un grain de Blé récent bleuit dans l'embryon et dans l'albumen; lorsqu'il est suffisamment âgé, son embryon est brun, et la graine ne bleuit plus que dans l'albumen (Blés de Tournefort). Plus tard, le brunissement de la graine étant généralisé, la réaction bleue ne se produit plus (Maïs péruviens).

Les graines qui possèdent la faculté germinative contiennent toujours des peroxydiastases; celles qui ont perdu la faculté germinative peuvent encore en conserver très longtemps. Si l'on considère que les embryons de Blés âgés de 100 ans sont déjà très brunis et, dans cet état, semblent ne plus pouvoir germer, on doit conclure que les Blés de Tournefort ont conservé leur faculté peroxydiastasique au moins un siècle après avoir perdu leur faculté germinative.

---

(1) Edmond Gain, *Sur le vieillissement de l'embryon des Graminées* (*Comptes rendus*, 23 décembre 1901); *Sur les embryons du Blé et de l'Orge pharaoniques* (*Comptes rendus*, 11 juin 1900).

Conclusion générale : Nous avons pu mettre en évidence la présence d'une peroxydiastase dans les graines de deux plantes âgées de plus de deux siècles. Il y a là une persistance remarquable et inattendue d'une propriété diastasique.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Caractères biologiques et pouvoir pathogène du* Sterigmatocystis lutea *Bainier*. Note de MM. **Sartory** et **Jourde**, présentée par M. Guignard.

La Mucédinée dont l'étude fait l'objet de la présente Note est celle que Bainier a décrite (*Bull. Soc. Bot.*, 1880) sous le nom de *Sterigmatocystis lutea;* cette espèce, pour son auteur et pour nous-même, est distincte de celle brièvement décrite autrefois par Van Tieghem sous le même nom.

Cette Mucédinée possède un mycélium blanc, passant au jaune puis verdissant, avec des conidiophores dressés hauts de 300^{μ} à 800^{μ}, surmontés d'un renflement sphérique de 12^{μ} à 30^{μ} de diamètre, lequel est recouvert, dans ses trois quarts supérieurs, de basides en massue dressée, de 10^{μ} de long sur 5^{μ} à 6^{μ} de largeur moyenne; chaque baside est couronnée de 2-4-6 stérigmates en quille, de 9^{μ} sur 4^{μ}, avec conidies *d'abord jaunes, puis glauques,* sphériques, lisses, de $3^{\mu},5$.

Dans les cultures sur *gélatine, gélose* et *bouillon,* la baside disparaît et la plante prend les caractères d'un *Aspergillus;* optimum cultural $+35°$, cultures ci-dessous effectuées à $+22°$. *Sur pomme de terre neutre* et pomme de terre acide, après 24 heures, filaments blanchâtres formant dès le second jour un mycélium fertile jaune jusqu'au cinquième jour, puis verdissant à mesure que le thalle feutré vieillit et se plisse. *Sur carotte,* même début, mais le mycélium reste plan, jaune de chlore jusqu'au septième jour, puis vert-pré le onzième jour. *Sur gélatine,* liquéfaction dès le quatrième jour, progressant ensuite lentement et complète au bout de 1 mois. *Sur gélose,* le second jour, îlots blancs, puis jaunes, puis vert-pré, croissance lente. *Sur Raulin,* au bout de 24 heures, germination de 170^{μ} à 240^{μ}; voile dès le second jour, devenant ensuite vert et plissé. *Sur Raulin neutre,* cultures moins abondantes et voile moins tourmenté. *Sur bouillon,* voile constamment; conidiophores coupés de cloisons et du type *Aspergillus*; conidies légèrement verruqueuses.

Un lapin pesant 1793^{g} fut inoculé dans la veine périphérique de l'oreille avec 2^{cm^3} d'émulsion de conidies dans le sérum physiologique. Dès le second jour, perte de poids de 53^{g}, poil hérissé, stupeur. Le lendemain, nouvelle perte de poids de 242^{g}. L'animal est abattu, chancelant, les oreilles pendantes; mort le troisième jour.

A l'autopsie, foie volumineux, tuméfié, portant l'empreinte des côtes, nombreux placards blancs à la face convexe; cœur normal; le rein augmente

de volume; poumons présentant des taches noires très étendues et deux petits abcès bosselés dans la région médiastine.

Les cultures tentées sur Raulin avec divers organes n'ont donné de *Sterigmatocystis* que dans les semis faits avec le foie et le rein.

Les lésions histologiques sont les suivantes : *Rein :* pas de filaments mycéliens, pas de développement anormal du tissu conjonctif; vaisseaux non dilatés; cellules épithéliales uniformément troubles, tuméfiées, obturant la lumière des tubuli; léger exsudat albumineux. — *Foie :* bourré de filaments mycéliens; congestion des capillaires intrahépatiques; tuméfaction, trouble général des cellules hépatiques; infiltration embryonnaire des espaces portes sans pyéliphlébite, ni angiocholite appréciables; quelques nodules infectieux dans les lobules; veines sous-hépatiques normales. — *Rate normale :* pas de champignon. — *Poumon :* pas de mycélium; vaisseaux dilatés, gorgés de sang; alvéoles remplies par un exsudat albumineux avec filaments de fibrine; épithélium alvéolaire peu distinct et généralement tuméfié; plusieurs acini infiltrés de leucocytes et de cellules rondes à noyaux fortement colorés. — *Cœur :* myocarde normal; péricarde viscéral présentant de fines végétations.

Il résulte de ce qui précède que l'espèce dont cette Note fait l'objet, et qui est essentiellement différente de tous les *Aspergillus* et *Sterigmatocystis* étudiés jusqu'à présent à ce point de vue, est douée d'un pouvoir pathogène très marqué. Les lésions produites sont d'ailleurs comparables à celles qu'on a décrites dans les aspergilloses expérimentales, et notamment dans les mycoses dues à l'*Aspergillus fumigatus*.

GÉOLOGIE. — *Métamorphisme et tectonique des terrains paléozoïques du Morvan et de la Loire.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Michel Lévy.

Métamorphisme. — Le long du bord oriental du Plateau central, les granites les plus récents ont métamorphisé le Dévonien supérieur et le Tournaisien, et leur mise en place paraît s'intercaler entre les émersions auxquelles on doit rapporter les poudingues tournaisiens et celles qui ont donné naissance aux poudingues viséens; ces derniers contiennent fréquemment des galets de granite, tandis que les premiers n'en présentent pas et sont, en outre, souvent métamorphisés.

Suivant la nature chimique des sédiments, il se développe des schistes micacés, maclifères et feldspathisés, des cornes vertes et, par endomorphisme du granite, une formation dioritique et diabasique. M. Michel Lévy a insisté sur ces phénomènes si intéressants d'endomorphisme ; j'ai pu

les dater et les attribuer à la transformation des calcaires dévoniens : les cornes vertes et les diorites apparaissent à la base de tous les lambeaux carbonifères de la Loire et du Morvan et constituent les roches, si caractéristiques, connues localement sous le nom de *pierres des fées*.

Evolution des magmas éruptifs. — Le granite de Luzy est une Alaskose à fumerolle granitodioritique et mégapotassique, à scorie magnésienne et microcalcique.

Si, 72,5; Al, 14,8; Fe, 2,5; Ca, 0,3; Mg, 2,1; Na, 2,6; K, 4,4; Ti, 0,4; Apatite, 0,2; perte, 0,6.

La moyenne des diabases et des diorites donne une Andoze, à fumerolle alcalinogranitique, mésosodique, à scorie magnésienne-ferrique, mésocalcique. Analyse :

Si, 51,7; Al, 19,3; Fe, 7,9; Ca, 7,9; Mg, 4,9; Na, 3,5; K, 1,4; Ti, 1,0; perte, 2,4.

On remarquera que la seule série pétrographique antérieure au granite et qui ne paraisse pas due à son influence, la série albitophyrique du Famennien, est persodique. Toutes les autres roches éruptives ou tuffacées, sauf les variétés endomorphes, sont mégapotassiques comme le granite, et leur étude chimique permet de supposer qu'elles ont pris naissance grâce à la différenciation d'un seul magma granitique.

Tectonique. — Depuis le Frasnien jusqu'au Viséen, la sédimentation a été continue ; elle commence cependant à subir des lacunes dès le Tournaisien ; l'apparition des poudingues est caractéristique à ce point de vue. Les grands mouvements orogéniques hercyniens datent, dans la région étudiée, du sommet du Viséen.

La mise en place du granite s'étant produite à la fin du Tournaisien, les plissements de montagnes antérieurs à ceux du système hercynien ont été complètement effacés par le métamorphisme granitique, comme les formations antéfrasniennes elles-mêmes.

Il y a lieu de distinguer trois faisceaux paléozoïques : celui du Morvan qui comprend cinq synclinaux hercyniens; celui de Blanzy-Bert, en grande partie caché sous un vaste synclinal houiller et permien; celui de la Loire, comprenant quatre synclinaux hercyniens. Ces trois faisceaux sont séparés par des massifs granitiques, correspondant à des aires anticlinales hercyniennes que l'érosion a aujourd'hui complètement décapées. Ce sont du Nord au Sud : le granite de Luzy, celui du Charollais et celui du Beaujolais, prolongement de la chaîne du Pellerat. Les jeux combinés du métamorphisme, des plissements, des décrochements et de l'érosion ont donné des

caractères particuliers à chacun des anticlinaux et synclinaux étudiés. Par exemple, dans l'anticlinal de Moulins-Engilbert, Château-Chinon, Manlay, au nord du faisceau du Morvan, les formations sont réduites à l'état de lambeaux disloqués, isolés les uns des autres au milieu du granite qui les a largement digérés. Malgré la dislocation, il est aisé de suivre, dans le granite, l'axe dévonien bien aligné et entièrement transformé en diorites et cornes vertes.

Au contraire l'anticlinal de Diou au mont Beuvray, très continu en bordure du granite, n'est profondément métamorphique qu'à sa partie Nord-Est, laissant apparaître encore au Sud-Ouest le Dévonien fossilifère.

Dans la Loire, l'enfoncement géosynclinal, antérieur aux plis hercyniens, paraît avoir été plus considérable; tout le Dévonien et presque tout le Tournaisien sont constamment très métamorphiques et le Viséen seul est encore fossilifère.

Diverses apparitions de gneiss, celles d'Avallon, de Marmagne sous le plateau d'Antully, de Palinges au sud du synclinal Blanzy-Bert, enfin les formations de gneiss et de micaschistes du Lyonnais au sud du faisceau de la Loire, jalonnent les parties les plus profondes du grand géosynclinal qui a précédé les mouvements hercyniens.

Les granites lentement élaborés au fond du géosynclinal sont évidemment en contact avec les sédiments les plus modifiés, c'est-à-dire les gneiss; au contraire, les granites qui se montrent actuellement à nous comme n'ayant eu, au moment de leur mise en place, qu'une mince couverture paléozoïque incomplètement modifiée, sont souvent, à leur partie supérieure, transformés en microgranites et se sont élevés dans les fractures des parties faibles du géosynclinal primitif.

Ce sont précisément ces derniers granites dont le magma, encore fluide à faible profondeur, a donné naissance aux grandes éruptions microgranulitiques du Morvan et de la Loire.

GÉOLOGIE. — *Les éruptions de la Limagne. Sept périodes d'activité volcanique du Miocène inférieur au Pléistocène.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Michel Lévy.

Les cinquante collines volcaniques de la Limagne montagneuse, qui donnent à cette région sa caractéristique spéciale et son pittoresque séduisant, ont fait l'objet de nombreux travaux géologiques.

Depuis Desmarets (1771), Montlosier, Ramond, Lecoq, Julien, Michel Lévy, Boule, Giraud, etc., se sont surtout occupés de leur constitution. Mais par suite de la rareté ou de l'absence de documents paléontologiques on n'avait pas, jusqu'ici, de notions précises sur l'*âge* et la *genèse* des coulées basaltiques qui couronnent un certain nombre de ces collines.

Les recherches que j'ai entreprises, pour le Service de la Carte géologique de France, sous la direction de M. Michel Lévy, me permettent d'apporter une importante contribution à la solution de cette question.

J'ai reconnu, en effet, qu'il y avait eu dans la Limagne, au moins *sept périodes d'activité volcanique s'échelonnant du Miocène inférieur au Pléistocène inférieur*.

Pour déterminer l'âge de ces éruptions, je me suis basé non seulement sur les faunes renfermées dans les alluvions en relation avec les coulées, mais aussi sur les hauteurs des coulées épanchées à plusieurs époques dans la vallée de l'Allier et *suspendues* aujourd'hui à divers niveaux, au-dessus de cette vallée.

La faune à *Dinotherium* de Givreuil (Allier) que j'ai fait récemment connaître et qui correspond à un de ces niveaux alluviaux a été un jalon précieux pour cette étude.

Les éruptions volcaniques de la Limagne sont encadrées entre les alluvions burdigaliennes de Gergovie sur lesquelles reposent les coulées les plus élevées de la Limagne et les alluvions pléistocènes supérieures de Sarlière qui sont au pied des coulées des volcans de Gravenoire et de Beaumont.

Éruptions miocènes. — 1° Les premières éruptions volcaniques débutèrent au *Miocène inférieur,* car certaines coulées (Gergovie) reposent sur des alluvions burdigaliennes à *Melanoides Escheri, Melanopsis Hericarti* (Dollfus) et leurs galets se trouvent dans les alluvions helvétiennes.

Les puys Saint-Romain et Saint-André sont de cette époque. L'érosion a été considérable depuis le Miocène inférieur puisque les coulées surplombent aujourd'hui de près de 400^{m} la vallée de l'Allier.

Aux côtes de Clermont, à Chanturgue, au Puy-du-Var, les coulées inférieures, reposant sur des sables feldspathiques de nivellement, remaniés par les eaux et discordants sur l'Oligocène, sont du même âge.

2° Ces premières éruptions volcaniques furent certainement en relation avec l'*exhaussement continu* de la Limagne commencé avant la fin de l'Oligocène et se faisant du Sud au Nord.

Au *Miocène moyen,* un nouvel effort orogénique augmenta le relief en amont, vers la région des Cévennes et du Vélay, d'où il descendit une ri-

vière (Allier) qui couvrit une partie de la Limagne d'une nappe alluviale de galets de quartz, de silex jurassiques (chailles) mélangés, à partir de Clermont, à quelques galets de basalte provenant des éruptions antérieures. Ces alluvions se poursuivent vers Gannat et Moulins où elles renferment une faune d'âge miocène moyen (*Dinotherium Cuvieri, Mastodon angustidens, Mastodon tapiroides*, etc.).

Peu après, de nouvelles fractures éruptives donnèrent issue à des coulées de lave qui s'étendirent sur ces alluvions. Elles couronnent aujourd'hui les puys de Var, Chanturgue et le Puy-du-Mur.

La colline de Chateaugay et la coulée basaltique qui la surmonte sont trop profondément disloquées pour qu'on ait une notion absolument précise de l'âge de cette dernière. Elle semble bien, cependant, se rattacher aux éruptions helvétiennes, ainsi que le Puy-du-Mur qui domine la vallée de l'Allier de 287^{m}.

3° Le plateau de Pardins, beaucoup moins élevé au-dessus de l'Allier (224^{m}) et reposant sur des alluvions à galets de quartz, doit être plus récent (*Miocène supérieur*).

En résumé, la *continuité des efforts orogéniques*, qui avaient exondé la Limagne à la fin de l'Oligocène, se poursuit durant le Miocène. Elle amène :

1° Dès le *début du Miocène*, un phénomène de ruissellement intense et l'établissement d'un premier réseau hydrographique qui transporte dans la Limagne, dans les vallées de l'Allier et de la Loire et jusqu'en Sologne, des sédiments sableux et marneux (sables de l'Orléanais et de la Sologne), couvrant une étendue considérable;

2° L'édification des *premiers volcans du Massif central* à cette même époque;

3° Au *Miocène moyen*, un nouveau soulèvement qui augmente la pente et le pouvoir dynamique de l'Allier. Cette rivière est alors assez puissante pour étaler dans la Limagne, jusqu'au delà de Moulins, une nappe alluviale à galets de basalte, de quartz et de chailles jurassiques provenant des Cévennes et renfermant une faune helvétienne;

4° Deux nouveaux *épisodes d'éruptivité*, au *Miocène moyen* et au *Miocène supérieur*, dont les produits recouvrent les formations antérieures.

Ces éruptions se sont continuées durant le Pliocène et le Pléistocène.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observation de* foudre en boule.
Note de M. ISIDORE BAY. (Extrait.)

Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie une observation de *foudre en boule* faite à Saint-Georges-de-Reneins (Rhône).

Le 26 mai 1907, ..., à 11^h précises du soir, trois violents coups de tonnerre se succédèrent à environ 1 seconde d'intervalle. Nous vîmes alors un globe incandescent, d'un blanc légèrement rosé, d'environ 0^m,15 de diamètre, qui restait immobile le long d'un mur d'une chambre, semblant accroché au fil de la sonnerie électrique, qui sert uniquement à l'intérieur de la maison, à 0^m,50 au-dessus du bouton d'appel.

Ce globe resta ainsi environ 5 minutes, puis disparut en faisant au mur un trou de 1^{cm} de diamètre. Une explosion se fit alors entendre dans une autre chambre de la maison, reliée à la première par la sonnerie électrique. Dans cette deuxième chambre, une lampe à pétrole allumée fut éteinte. La foudre passa de là dans les cabinets d'aisance, en faisant un trou au mur et rejoignit la terre par la conduite d'eau. Une forte odeur d'ozone se répandit dans cette chambre.

La foudre était entrée dans la maison par la tige de la girouette et avait rejoint le fil de la sonnerie en trouant un mur.

L'explosion dans la deuxième chambre eut lieu sans qu'aucun nouveau coup de tonnerre se fît entendre à l'extérieur....

Nous voyons donc en résumé :

1° Chute de la foudre, fluide électrique avec ses manifestations ordinaires;

2° Apparition d'un globe incandescent;

3° Disparition de ce globe incandescent et réapparition des phénomènes ordinaires produits par la chute de la foudre.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.